



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE DE LA PARROQUIA TOTORAS, CANTÓN AMBATO”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:**  
**ESCUDERO VILEMA EUGENIO IGNACIO**

**TUTOR:**  
**ING. MABEL MARIELA PARADA RIVERA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2016**

©2016, Eugenio Ignacio Escudero Vilema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, simple y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICAS**

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: El presente trabajo de titulación **“OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA TOTORAS, CANTÓN AMBATO”** de responsabilidad del señor Eugenio Ignacio Escudero Vilema ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada así su presentación.

Ing. Mabel Parada .....  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Mayra Zambrano .....  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Eugenio Ignacio Escudero Vilema, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 15 de Junio del 2016

.....  
Eugenio Ignacio Escudero Vilema  
060424285-9



“Yo, Eugenio Ignacio Escudero Vilema, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual Trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

---

EUGENIO IGNACIO ESCUDERO VILEMA

## **AGRADECIMIENTO**

Eternamente Gracias a Dios por brindarme cada experiencia de vida por ser paciente conmigo, por brindarme su protección y sabiduría.

A mí querido Padre por ayudarme, enseñarme y acompañarme a cada instante por ser mi inspiración, porque su fuerza y amor los siento por siempre.

A mi hermosa Madre por guiarme día a día y de una manera particular y efectiva me enseña cómo actuar con sabiduría es la mujer de mi vida.

A mis sobrinitos que me hacen sentir esa alegría y amor puro.

A mis hermanos y cuñados Elizabeth-Freddy, Eduardo-Olivia, Felipe y Carlos gracias por existir en mi vida son fundamentales en cada respiro de mi vida les admiro mucho y espero que Dios nos guíe, por siempre les amo.

A Ligia por todo su apoyo incondicional por estar ahí cuando la vida me ponía a prueba y por tu comprensión porque más que primos somos hermanos, te quiero mucho.

A Eliana por todo su apoyo y complicidad porque a más de ser mi novia es mi amiga, mi amante, mi consejera y me alegra la vida no tiene idea de cómo le amo.

A mis tíos y primos por ser un apoyo por demostrarme su cariño.

A mis bellas profesoras Ing. Mabel e Ing. Mayra por guiarme, ayudarme y brindarme sus conocimientos les deseo mucha felicidad.

A mis amigos y amigas por acompañarme en ciertas locuras por acompañarme en las dolorosas y en las alegres.

**Eugenio Ignacio Escudero Vilema**

## **DEDICATORIA**

Se lo dedico a Dios por ser el dueño de este logro y mi vida por darme la oportunidad de honrarle con este pequeño logro.

A mí amado Padre quien estoy seguro estará más alegre que yo, espero seguir caminando y luchando esperando darnos un fuerte e infinito abrazo al final de esta vida.

A mi Madre por alegrarme, cuidarme y porque es una pequeña retribución a su amor.

**Eugenio Ignacio Escudero Vilema**

# ÍNDICE

RESUMEN .....	xix
SUMMARY,.....	xx
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Identificación del Problema .....	1
1.2 Justificación del Proyecto .....	2
1.3 Línea de base del proyecto.....	3
1.3.1 Diagnóstico Actual de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Parroquia Totoras.....	3
1.3.1.1 Abastecimiento .....	3
1.3.1.2 Antecedentes De La Planta De Tratamiento De Agua Potable .....	3
1.3.1.3 Procesos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Totoras.....	5
1.3.1.4 Resultado de los análisis del anteproyecto .....	20
1.3.2 Bases Teóricas .....	21
1.3.2.1 El agua .....	21
1.3.2.2 Clases de agua.....	21
1.3.2.3 Fuentes de agua.....	22
1.3.2.4 Características del agua .....	23
1.3.2.5 Calidad Del Agua Potable.....	30
1.3.2.6 Sistema de agua potable.....	31
1.4 Beneficiarios directos e indirectos .....	32
1.4.1 Beneficiarios Directos .....	32
1.4.2 Beneficiarios Indirectos .....	32
2 CAPITULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	33
2.1 Objetivo General.....	33
2.2 Objetivos Específicos .....	33
3 CAPITULO 3. ESTUDIO TECNICO.....	34
3.1 Localización del Proyecto.....	34

3.2	Ingeniería del Proyecto .....	35
3.2.1	Diagnóstico del estado de la planta actual .....	35
3.2.2	Muestreo.....	35
3.2.2.1	Transporte y Manipulación de Muestras .....	36
3.2.3	Caracterización del agua.....	36
3.2.3.1	Caracterización del agua que ingresa a la PTAPPT .....	37
3.2.3.2	Caracterización del agua de salida de la PTAPPT.....	39
3.2.4	Pruebas de Tratabilidad .....	41
3.2.6.1	Pruebas de Jarras con Policloruro de Aluminio.....	41
3.2.6.2	Pruebas de jarras con cal y policloruro.....	43
3.2.6.3	Prueba de jarras con carbonato de sodio y policloruro .....	46
3.2.6.4	Filtración con Zeolita.....	49
3.2.5	Caracterización final del Agua después de los tratamientos propuestos.....	52
3.2.6	Optimización.....	54
3.2.6.1	Cálculo de la población futura .....	55
3.2.6.2	Cálculo de la Dotación Básica .....	55
3.2.6.3	Dotación Futura .....	56
3.2.6.4	Cálculo del Consumo Medio Diario (cmd).....	57
3.2.6.5	Cálculo del Consumo Máximo Diario (CMD) .....	58
3.2.6.6	Cálculo del Consumo Máximo Horario (CMH) .....	58
3.2.6.7	Cálculo del caudal de optimización .....	59
3.2.6.8	Cálculos de ingeniería para Propuesta 1 (Dosificación).....	60
3.2.6.9	Cálculos de ingeniería para aplicar la propuesta 2 .....	64
3.2.7	Resultados.....	83
3.2.7.1	Resultados para la optimización .....	83
3.2.7.2	Cálculos de la propuesta uno .....	84

3.2.7.3	Cálculos de la propuesta dos.....	85
3.2.8	Porcentaje de remoción.....	88
3.2.8.1	Porcentaje de Remoción con el Tratamiento Actual .....	88
3.2.8.2	Porcentaje de remoción con el tratamiento propuesto uno .....	89
3.2.8.3	Porcentaje de remoción con el tratamiento propuesto dos .....	90
3.3	Proceso de producción de la PTAPPT .....	92
3.3.1	Proceso de producción actual .....	93
3.3.2	Proceso de producción con el tratamiento propuesto uno .....	94
3.3.3	Proceso de producción con el tratamiento propuesto dos.....	95
3.4	Requerimientos de tecnología.....	96
3.5	Análisis de costo/beneficios del proyecto .....	98
3.5.1	Costo de operación con las dos propuestas.....	98
3.5.2	Costos de operación para análisis de laboratorio.....	100
3.5.3	Costo implantación de la propuesta 2.....	102
3.5.4	Análisis y discusión de resultados .....	104
3.6	Conclusiones .....	106
3.7	Recomendaciones.....	108
BIBLIOGRAFÍA .....		109
ANEXOS Y APENDICES .....		a

## ÍNDICE DE CONTENIDO DE ABREVIATURAS

**INEN:** Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**TULSMA:** Tratado Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental

**NTU:** Unidad de Medición para la Turbidez

**PAC:** Policloruro de Aluminio

**SS:** Sólidos en Suspensión

**E. Coli:** Echericha Coli

**pH:** Potencial de Hidrógeno

**(OCl<sup>-</sup>):** Ion hipoclorito

**(HOCl):** Ácido hipocloroso

**Nc:** Número de Campo

**rpm:** Revoluciones Por Minuto

**LMP:** Límite Máximo Permisible

**G:** Gradiente de Velocidad

**PAC:** Policloruro de Aluminio

**Nt:** población futura

**DB:** Dotación Básica

**Vac:** Volumen de Agua Consumida

**Tus:** Total de Usuarios servidos

**DF:** Dotación Futura

**FM:** Factor de Mayorización

**DB:** Dotación Básica:

**Cmd:** Consumo Medio Diario

**q:** Dotación Percápita Máxima

**CMD:** Consumo Máximo Diario

**k:** Coeficiente de Variación diaria

**K2:** Coeficiente de Variación Horaria

**Q:** Caudal

**PTAP:** Planta de Tratamiento de Agua Potable

**PT:** Planta de tratamiento

**em:** Profundidad de la grava

**emg:** Profundidad del medio filtrante  
**Vz:** Volumen de zeolita  
**mz:** Masa de zeolita  
**Vs:** Volumen de solución de NaCl  
**ms:** Masa de NaCl  
**De:** Dureza eliminada en un año  
**Cad:** Capacidad de eliminación del lecho  
**Rn:** Regeneraciones necesarias  
**VR:** Velocidad de filtración real  
**V1:** Velocidad optima de lavado  
**VCL:** Cantidad de agua para el lavado de los filtros  
**hi:** Altura estática de impulsión  
**hs:** Altura estática de succión  
**H1:** Altura estática de bombeo  
**H2:** Perdidas por fricción en la tubería de impulsión  
**Q:** Caudal De diseño  
**D:** Diámetro de la tubería  
**L:** Longitud de la tubería  
**H3:** Perdidas por accesorios  
**ADT:** Altura dinámica de bombeo  
**W:** Flujo másico  
**Hp:** Potencia de la bomba  
**C1:** Concentración del PAC 1%  
**V1:** Volumen PAC 1%  
**V2:** Volumen de la solución 2:1 aforada  
**C2:** Concentración del PAC en la solución 2:1  
**PTAPPT:** Planta de tratamiento de agua potable de la parroquia Totoras



## ÍNDICE DE CONTENIDO DE GRAFICAS

<b>Grafica 1-3</b>	Análisis Físico-Químico, Agua Cruda .....	38
<b>Grafica 2-3</b>	Análisis microbiológico, Agua cruda.....	38
<b>Grafica 3-3</b>	Analisis Fisico-Quimico, Tratamiento Actual.....	40
<b>Grafica 4-3</b>	Prueba de jarras con PAC al 1%.....	42
<b>Grafica 5-3</b>	Prueba de tratabilidad con PAC – Cal en una solución de 10:1.....	44
<b>Grafica 6-3</b>	Prueba de tratabilidad con PAC – Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> en una solución 1:1.....	47
<b>Grafica 7-3</b>	Resultados de la filtración con Zeolita activada al 10%.....	50
<b>Grafica 8-3</b>	Análisis Fisco-Químico de los tratamientos propuestos.....	54
<b>Grafica 9-3</b>	Resultado del porcentaje de remoción.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas 1-1</b>	Consideraciones generales sobre operación y mantenimiento de Cloradores.....	17
<b>Tabla 2-1</b>	Dosificación.....	17
<b>Tabla 1-3</b>	Información de localización del proyecto.....	34
<b>Tabla 2-3</b>	Cronograma de muestreo.....	35
<b>Tabla 3-3</b>	Análisis físico - químico y microbiológico del Agua Cruda – Etapa de Captación.....	37
<b>Tabla 4-3</b>	Análisis físico - químico y microbiológico del Agua Tratada – Etapa de Salida – tratamiento actual.....	39
<b>Tabla 5-3</b>	Pruebas de Jarras con Policloruro de Aluminio .....	42
<b>Tabla 6-3</b>	Condiciones de trabajo para la prueba de jarra con PAC.....	42
<b>Tabla 7-3</b>	Tratamiento con solución de PAC-Cal en una solución 10:1.....	44
<b>Tabla 8-3</b>	Condiciones de trabajo para la prueba de jarra con PAC-CAL.....	45
<b>Tabla 9-3</b>	Tratamiento con una solución de PAC-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> en una relación de 2:1 aforados a 100ml.....	46
<b>Tabla 10-3</b>	Condiciones de trabajo para la prueba de jarra con PAC-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	47
<b>Tabla 11-3</b>	Tratamiento de zeolita activada al 10%.....	49
<b>Tabla 12-3</b>	Resultado de los parámetros de estudio en los Tratamientos Propuestos..	52
<b>Tabla 13-3</b>	Caracterización físico-química y microbiológica, de las dos propuestas.....	53
<b>Tabla 14-3</b>	Espesor de la grava y del medio en filtros rápidos de arena.....	64
<b>Tabla 15-3</b>	Espesores actuales del filtro.....	64
<b>Tabla 16-3</b>	Espesores propuestos para el filtro.....	65
<b>Tabla 17-3</b>	Medio filtrante de arena.....	69
<b>Tabla 18-3</b>	Medio filtrante promedio.....	69
<b>Tabla 19-3</b>	Características del fluido y sistema.....	72
<b>Tabla 20-3</b>	Características del fluido y sistema para usar las cartas.....	80
<b>Tabla 21-3</b>	Resultados de optimización .....	83
<b>Tabla 22-3</b>	Resultados para la dosificación optima de la propuesta uno .....	84
<b>Tabla 23-3</b>	Datos y resultados para la optimización del filtro propuesta dos.....	85

<b>Tabla 24-3</b>	Resultado para el cálculo de la potencia de la bomba	86
<b>Tabla 25-3</b>	Porcentaje de remoción.....	91
<b>Tabla 26-3</b>	Métodos normalizados para el análisis de agua potable y residual.....	96
<b>Tabla 27-3</b>	Equipos utilizados en el proyecto.....	97
<b>Tabla 28-3</b>	Determinación de costos de dosificación.....	98
<b>Tabla 29-3</b>	Consumo de sustancias químicas.....	98
<b>Tabla 30-3</b>	Determinación del costo de operación.....	99
<b>Tabla 31-3</b>	Comparación de costos.....	99
<b>Tabla 32-3</b>	Ahorro en el tratamiento propuesto.....	100
<b>Tabla 33-3</b>	Costos de los análisis de laboratorio.....	100
<b>Tabla 34-3</b>	Presupuesto para la implantación del proyecto.....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ecuación 1-3</b>	Cálculo de la población futura.....	55
<b>Ecuación 2-3</b>	Calculo de la dotación básica.....	55
<b>Ecuación 3-3</b>	Dotación futura.....	56
<b>Ecuación 4-3</b>	Calculo del consumo medio diario.....	57
<b>Ecuación 5-3</b>	Cálculo del Consumo Máximo Diario.....	58
<b>Ecuación 6-3</b>	Cálculo del Consumo Máximo Horario.....	58
<b>Ecuación 7-3</b>	Cálculo del caudal de captación.....	59
<b>Ecuación 8-3</b>	Calculo de la concentración de Policloruro de Aluminio.....	60
<b>Ecuación 9-3</b>	Concentración de PAC en la dosificación optima.....	61
<b>Ecuación 10-3</b>	Calculo del consumo de policloruro de aluminio.....	61
<b>Ecuación 11-3</b>	Calculo de la concentración de $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .....	62
<b>Ecuación 12-3</b>	Concentración de $\text{Na}_2\text{CO}_3$ en la dosificación optima.....	63
<b>Ecuación 13-3</b>	Calculo del consumo de $\text{Na}_2\text{CO}_3$ al día.....	63
<b>Ecuación 14-3</b>	Calculo del volumen ocupado por la Zeolita.....	65
<b>Ecuación 15-3</b>	Masa necesaria de zeolita.....	65
<b>Ecuación 16-3</b>	Volumen de solución de NaCl para la activación de la zeolita...	66
<b>Ecuación 17-3</b>	Capacidad de eliminación de dureza por el lecho de zeolita.....	67
<b>Ecuación 18-3</b>	Regeneraciones necesarias.....	68
<b>Ecuación 19-3</b>	Velocidad de filtración real (VR) para este cálculo se aplica.....	68
<b>Ecuación 20-3</b>	Velocidad optima del lavado.....	70
<b>Ecuación 21-3</b>	Cantidad de agua para el lavado del filtro.....	70
<b>Ecuación 22-3</b>	Cálculos para determinación de características de la bomba.....	71
<b>Ecuación 23-3</b>	Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión.....	71
<b>Ecuación 24-3</b>	Cálculo de las pérdidas de carga por fricción en la impulsión....	72
<b>Ecuación 25-3</b>	Cálculo del Número de Reynolds (NRE).....	73
<b>Ecuación 26-3</b>	Cálculo de la Rugosidad Relativa (R.R.).....	73
<b>Ecuación 27-3</b>	Cálculo de las pérdidas de carga por accesorios en la impulsión.	74
<b>Ecuación 28-3</b>	Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de succión.....	76
<b>Ecuación 29-3</b>	Cálculo de las pérdidas de carga por fricción en la succión.....	76
<b>Ecuación 30-3</b>	Cálculo del Número de Reynolds (NRE).....	77
<b>Ecuación 31-3</b>	Cálculo de la Rugosidad Relativa (R.R.).....	78
<b>Ecuación 31-3</b>	Cálculo de las pérdidas de carga por accesorios en la succión...	79

## ÍNDICE DE CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Abastecimiento.....	3
<b>Figura 2-1</b>	Diagrama de bloques del tratamiento actual.....	5
<b>Figura 3-1</b>	Captación.....	6
<b>Figura 4-1</b>	Conducción.....	7
<b>Figura 5-1</b>	Aireación.....	9
<b>Figura 6-1</b>	Mezcla rápida - Canaleta Parshall.....	10
<b>Figura 7-1</b>	Floculación.....	12
<b>Figura 8-1</b>	Sedimentación.....	13
<b>Figura 9-1</b>	Vertederos de sedimentador.....	14
<b>Figura 10-1</b>	Filtro rápido de arena.....	15
<b>Figura 11-1</b>	Dosificador Y Tanques De Cl <sub>2</sub> .....	17
<b>Figura 12-1</b>	Caracterización físico química y microbiológica inicial.....	20
<b>Figura 13-1</b>	Escala de Ph.....	25
<b>Figura 1-3</b>	Ubicación De La Planta De Tratamiento De Agua Potable.....	34
<b>Figura 2-3</b>	Prueba con PAC 1%.....	41
<b>Figura 3-3</b>	Curvas de resultado con la prueba de jarras de PAC.....	43
<b>Figura 4-3</b>	Tratamiento PAC-CAL.....	44
<b>Figura 5-3</b>	Curvas de resultado con la prueba de jarras de PAC-CAL.....	45
<b>Figura 6-3</b>	NaCO <sub>3</sub> y PAC.....	46
<b>Figura 7-3</b>	Curvas de resultado con la prueba de jarras de PAC-Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	48
<b>Figura 8-3</b>	Tratamiento con zeolita activada.....	49
<b>Figura 9-3</b>	Curvas de resultado con la filtración en lecho de zeolita.....	51
<b>Figura 10-3</b>	Cartas para determinar la potencia y eficiencia de la bomba.....	81
<b>Figura 10-3</b>	Cartas para determinar la potencia y eficiencia de la bomba.....	81
<b>Figura 12-3</b>	Tanque de solución de NaCl.....	83
<b>Figura 13-3</b>	Proceso actual de tratamiento de agua potable de la parroquia Totoras..	93
<b>Figura 14-3</b>	Proceso propuesto uno de tratamiento de agua potable de la parroquia Totoras.....	94
<b>Figura 15-3</b>	Proceso propuesto dos de tratamiento de agua potable de la parroquia Totoras.....	95

## **ÍNDICE DE CONTENIDO DE ANEXOS**

**Anexo A.** Plan de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Totoras

**Anexo B.** Pruebas de tratabilidad

**Anexo C.** Planta de tratamientos de la parroquia Totoras

**Anexo D.** Filtros rápidos de arena de la PTPT

**Anexo E.** Informe de los análisis físicos - químicos del agua cruda del sistema de potabilización de la parroquia Totoras, realizados en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Anexo F.** Informe de los análisis microbiológicos del agua cruda del sistema de potabilización de la Parroquia Totoras, realizados en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Anexo G.** Informe de los análisis físico – químicos del agua potable de la Parroquia Totoras, realizados en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Anexos H.** Informe de los análisis microbiológicos de la Parroquia Totoras, realizados en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Anexo I.** Informe de los análisis físico – químico y microbiológico con el tratamiento uno, realizados en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Anexo J.** Informe de los análisis físico – químico y microbiológico con el tratamiento dos (PROPUESTO), realizados en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH y UNACH.

**Anexo K.** Ficha técnica de la Zeolita

**Anexo L.** Cotización de la Zeolita

**Anexo M.** Norma INEN 1108:2006

## RESUMEN

La planta de Tratamiento de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado de la Parroquia Totoras presenta un problema en la calidad de agua que es distribuida a sus habitantes, estando varios parámetros fuera de la norma INEN 1108:2006, como: dureza, calcio, fosfatos y flúor, esto se debe a un ineficiente tratamiento en el sistema de potabilización, ante estos antecedentes el proyecto de titulación tiene como objetivo optimizar la planta de Tratamientos, estableciendo una serie de caracterizaciones físicas, químicas y microbiológicas, además de plantear alternativas que mejoren su tratabilidad para que los parámetros cumplan con la norma establecida.

La metodología que se utilizó es un muestreo simple aleatorio de agua cruda y agua potable durante dos meses en diferentes ambientes como días soleados y de lluvia, verificando que el factor temporal no afectaba a las propiedades físico-químicas y microbiológicas del agua, las pruebas de tratabilidad se realizaron con una solución de policloruro de aluminio y carbonato de sodio con lo cual el tratamiento mejora en un porcentaje 53.59%, a la vez se realizó un análisis económico determinando que esta propuesta elevaba los costos actuales de tratamiento en un 311,52%, en vista de esto se plantea un tratamiento alternativo utilizando la filtración con zeolita activada al 10%.

Por lo tanto el tratamiento más adecuado para la optimización de la planta es la implementación de un filtro con zeolita, que a más de cumplir con los parámetros de la norma reduce el costo actual de tratamiento en un 31,4%.

**PALABRAS CLAVES:** <AGUA POTABLE> <PLANTA DE POTABILIZACIÓN>  
<NORMA [INEN 1108 : 2006]> <CARACTERIZACIÓN> <FUNCIONAMIENTO>  
<PARROQUIA TOTRAS> <PROPUESTAS> <FILTRACION> <ADSORCIÓN >  
<INTERCAMBIO IONICO> <ZEOLITA > <OPTIMIZACION>

## SUMMARY



# **CAPÍTULO I**

## **1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 Identificación del Problema**

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua, son producto de un mal proceso de potabilización, afectando de esta manera a la salud de la población, para lo cual el abastecimiento de agua debe ser seguro y satisfactorio para las necesidades vitales del ser humano, ya que el agua se considera un recurso indispensable para la vida.

En la provincia de Tungurahua el 30% de los centros urbanos no cuentan con un buen tratamiento de agua potable (SEMPADES, 2014), como es en la ciudad de Ambato la procedencia principal del agua que reciben sus habitantes el 98.21% es de red pública, de pozo 0.28%, de río, vertiente, acequia o canal el 0.94%, de carro repartidor 0.22%, de agua lluvia y otros 0.35% (REDATAM, 2010). Lo que nos da una mejor apreciación sobre la necesidad de la calidad del agua potable en esta provincia y específicamente en algunas parroquias del cantón Ambato.

Es así que la parroquia Totoras presenta problemas en la calidad de agua que se distribuye a sus pobladores, al realizar un análisis de agua potable de la planta de tratamientos, se ha podido constatar que existen parámetros fuera de norma como: dureza, calcio, flúor y fosfatos, parámetros que necesitan una atención urgente. Considerando lo anteriormente descrito la planta no está funcionando de manera óptima y por lo tanto el tratamiento actual no es el adecuado y uno de los problemas consiste en una mala dosificación de químicos, en vista de estos problemas se ha considerado realizar una **OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA PARROQUIA TOTRAS**, de manera que funcione adecuadamente y sus parámetros cumplan con la norma INEN 1108:2006.

## **1.2 Justificación del Proyecto**

En la parroquia Totoras los problemas identificados por la mala calidad del agua según reportes del centro de salud tipo B de la parroquia Totoras del cantón Ambato las enfermedades más comunes entre la población son; Artritis 70%, osteoporosis 80%, parasitosis aguda 85% y fluorosis dental 95% de la población, posiblemente originados por un mal tratamiento del agua potable (PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL GAD TOTORAS, 2015), (Ver Anexo A).

Según el INEC la provincia del Tungurahua en las zonas urbanas el 65,61% utilizan la red pública de agua potable, un 34,39% beben el agua sin hervir (tal y como llega de la red). En el Cantón Ambato utilizan la red pública el 98,21% de habitantes y beben el agua tal y como llega al hogar el 64,51% de habitantes (REDATAM, 2010).

Teniendo en cuenta estas consideraciones se justifica el presente trabajo de Titulación, que cuenta con la apertura y apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Totoras que tiene el interés de brindar a cada uno de sus pobladores agua limpia y de calidad destinando un importante rubro para mejorar los problemas evidenciados en la planta de agua potable, de esta manera se facilita el estudio de optimización para determinar las falencias en el tratamiento y así plantear propuestas que contribuirán a mejorar la calidad del agua de consumo humano, beneficiando en gran medida a sus usuarios.

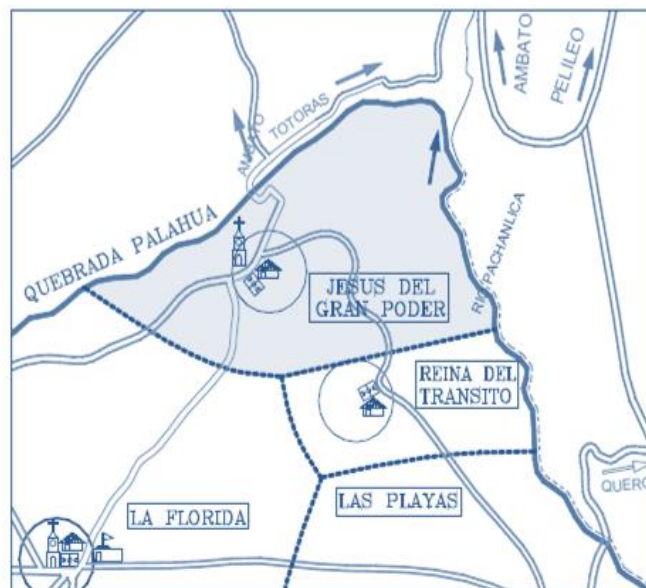
Este estudio se basará en la norma INEN 1108 – 2006 para el agua potable, en las guías establecidas por la OMS, la Legislación Ambiental del Ecuador TULSMA (Libro VI ANEXO 1, Tabla 1: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional a más de la política que tiene como Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado de la Parroquia Totoras.

### 1.3 Línea de base del proyecto

#### Diagnóstico Actual de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Parroquia Totoras

##### 1.3.1.1 Abastecimiento

La fuente de abastecimiento de la planta es una vertiente subterránea, la cual se encuentra ubicada en el sector denominado Jesús del Gran Poder, desde allí se transporta el fluido a presión normal por medio de un sistema de tuberías. La planta se encarga de distribuir el agua a la parroquia Totoras, teniendo un caudal de 12 L/s, además la vertiente cuenta con el aval y permisos del SENAGUA pues de la misma se alimentan varias parroquias y cantones de la provincia.



**Figura 1-1: Abastecimiento**

**Fuente:** SÁNCHEZ, Franklin. Estudio de las aguas residuales de la parroquia Totoras para mejorar el entorno de vida de los habitantes del sector.

##### 1.3.1.2 Antecedentes De La Planta De Tratamiento De Agua Potable

La Parroquia Totoras se encuentra a 8 km al sureste de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, actualmente cuenta con un ente encargado del desarrollo de potabilización es el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Totoras, presidido por el Tlgo. Fabricio Cárdenas, el cual con el afán de brindar desarrollo y

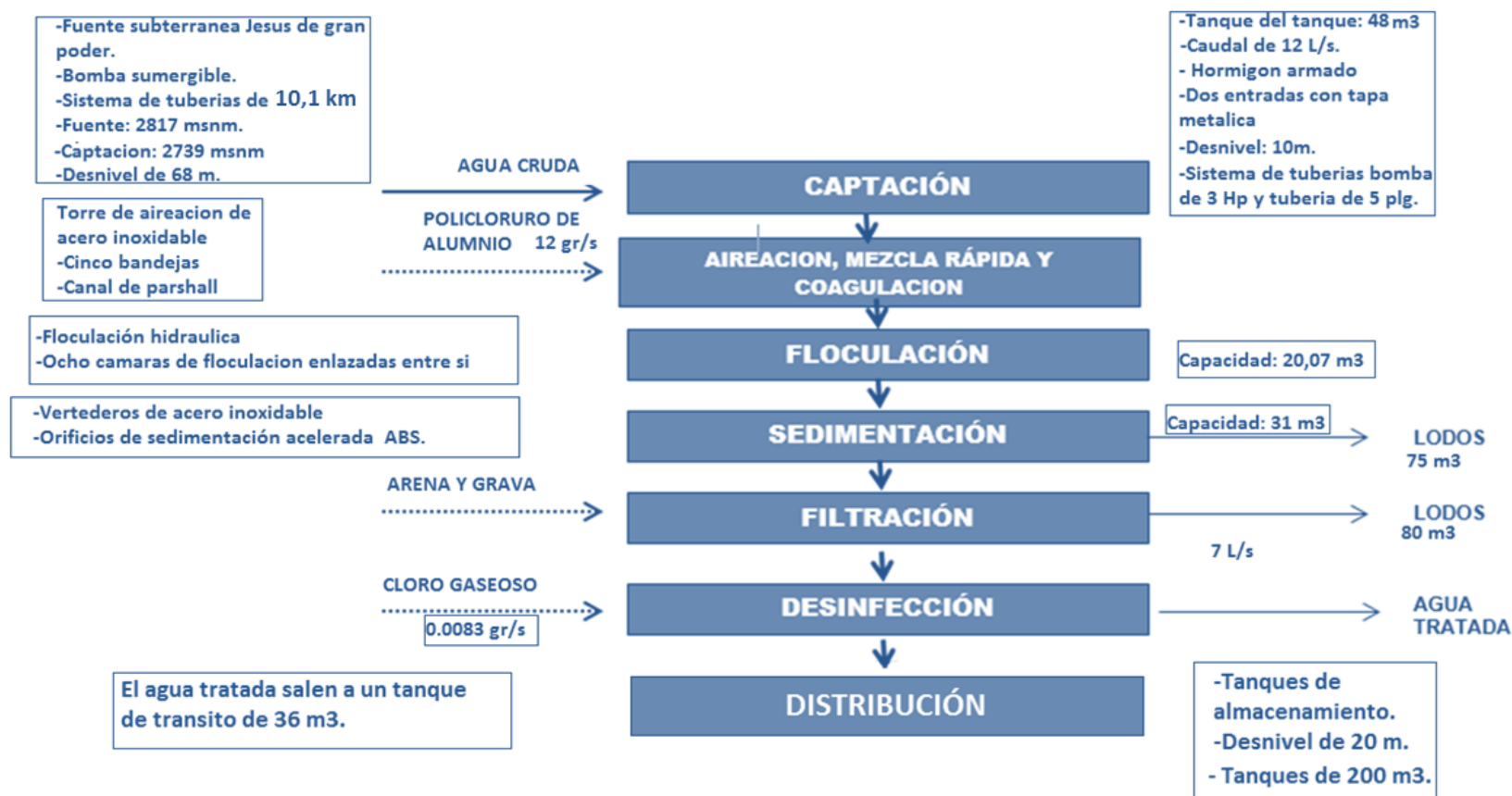
bienestar a los pobladores de su jurisdicción, siendo una de las tareas del gobierno local abastecer y garantizar el acceso a servicios básicos como el agua potable.

Es así que se implementó en la parte alta del sector la primera planta de potabilización (Ver anexo C) para la parroquia Totoras, el 9 de octubre del 2014, la misma que viene siendo operada desde su inauguración en conjunto por el GAD de Totoras y la empresa INTAL que fue la contratista para su ejecución. La planta es prefabricada modular de acero naval y cuenta con los siguientes procesos de tratamiento de agua: Captación, aireación, mezcla rápida, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración el agua que abastece a la planta proviene de una vertiente subterránea ubicada en el sector denominado Jesús del gran poder, desde allí el agua por medio de un sistema de tuberías y a presión normal para su transporte llega hasta la planta de tratamiento. En la actualidad presenta diversos problemas en la operación de potabilización de la planta se encarga de distribuir el agua a la parroquia Totoras, teniendo un caudal de 12 L/s.

Los diferentes descontentos presentados por parte de los usuarios por la calidad del agua, ha sido motivo de preocupación por parte del GAD parroquial de Totoras, que ha visto la necesidad de solucionar dichas disconformidades.

Al ser uno de los principales defectos los parámetros fuera de norma como: dureza, calcio, nitritos, fosfatos y flúor que al compararlos con los parámetros establecidos en la norma INEN 1108–2014 los valores presentes no son los adecuados, por esta razón se necesita dar alternativas para optimizar el tratamiento de agua potable existente.

### 1.3.1.3 Procesos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Totoras



**Figura 2-1:** Diagrama de bloques Tratamiento Actual de la planta

Fuente: Escudero Eugenio. 2016

El proceso de tratamiento consta de las siguientes etapas:

## Captación

Radica en la captación del agua que se suministra a la Parroquia Totoras, según la calidad y cantidad que los habitantes necesitan, la captación es de una sola fuente subterránea compartida.

- Fuente subterránea denominada Jesús del Gran Poder.
- La altitud de la fuente está a 2817 msnm.
- La altitud de la captación está a 2739 msnm.
- El desnivel entre la fuente y la captación en la planta es de 68 metros, (GAD, Totoras, 2016).



**Figura 3-1:** Captación

**Fuente:** Escudero Eugenio. 2016

*Después de la evaluación visual se pudo constatar que:*

- La fuente se encuentra a un 100% en un estado muy bueno.
- El caudal de agua es constante.
- No presenta mayores cambios ni problemas.

## Conducción

El sistema de conducción abarca toda la infraestructura instalada, que consta de:

- Succión en la fuente a través de una bomba subterránea.
- Compuesta de un sistema de tuberías PVC de 10,1 km.
- Tubería de 5 pulgadas de diámetro.
- Sistemas de protección de la infraestructura.
- Aireadores.
- Enterrada bajo tierra.

Que permite transportar el agua desde la captación hasta el punto de almacenamiento en la planta (GAD, Totoras, 2016).



**Figura 4-1:** Conducción

Fuente: Escudero Eugenio. 2016

*Después de una evaluación visual se pudo constatar que:*

- El sistema de tuberías se encuentra en estado bueno sin ningún daño.
- La protección dispuesta cumple con su propósito a un 100%.

## **Tanque de almacenamiento inicial**

Es en esta estructura -donde se recibe el agua que es bombeada desde las fuentes subterráneas

- Tanque de 48 m<sup>3</sup>.
- Estructura de hormigón armado.
- Dos entradas con tapa de protección metálica.
- Desnivel con la altitud de la planta donde se hallan los procesos fundamentales 10 metros.
- Caudal variable de entrada de 12 a 16 L/s.
- Sistema de tuberías de 5 pulgadas de diámetro y 20 metros de longitud hasta la planta.
- Bomba de 3 hp.

El tiempo de residencia en este tanque es de mínimo puesto que inmediatamente el agua es bombeada hacia el proceso de tratamiento puntualmente hacia los aireadores.

*Después de una evaluación visual de la cisterna de almacenamiento se observó que:*

- En la base se vio presencia considerable de material sólido.
- Las escaleras y tapas metálicas se encuentran levemente corroídas.
- No existe protección para evitar la entrada de polvo.
- La estructura en general es óptima.
- Cumple con su función bien a un 95%.

## **Aireación**

Con esta técnica se purifica el agua, mediante un sistema por el cual el agua tiene un contacto total con el aire, al hacer esto acertadamente disminuye el contenido de oxígeno también baja significativamente los niveles de CO<sub>2</sub>, metano, sulfuro de hidrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles responsables de dotarle al agua olor y sabor, (Romero, Jairo, 2009., Pp: 35-38).



Actualmente la planta cuenta con el sistema de torres de Aireación según, el propósito contiene en las bandejas que la conforman uno de los siguientes elementos:

- Construida con acero inoxidable.
- Consta de cinco bandejas dispuestas en serie con pequeñas aberturas circulares dispuestas para el paso por goteo rápido del agua.
- Anillos de pall ring o carbón coque mineral. Cualquiera de estos tiene la propiedad de adsorber minerales, como el hierro.
- Son de fibra de vidrio o metálicas con recubrimientos epóxicos, con la intención de disminuir las concentraciones de sustancias volátiles presentes en el agua.



**Figura 5-1: Aireación**

**Fuente:** Escudero Eugenio. 2016

*Por evaluación visual se evidencio que:*

- Acumulación de carbonatos y bicarbonatos en los bordes de las bandejas.
- Estado bueno de la estructura en general.
- En este punto se eliminan eficientemente un 100% de los gases volátiles presentes

- Cumple muy bien su función a un 95%

### **Mezcla rápida**

En la planta se usa el mezclador multipropósito con el fin de medir caudales y también cumple con un propósito adicional fundamental que es el de punto de aplicación y mezclado uniforme del coagulante a través de toda la masa o flujo de agua, (Villegas, M, 2007., Pp: 38,39).

En la Figura 6-1., se muestra detalladamente la canaleta, la cual tiene una contracción lateral (W), y de una rápida caída al fondo, seguida por un gradual ascenso sincrónico con la parte bifurcada.

Consta de:

- Una canaleta parshall



**Figura 6-1:** Mezcla rápida - Canaleta Parshall

Fuente: Escudero Eugenio. 2016

*Con la evaluación visual se pudo verificar que:*

- Existe acumulación de carbonatos y bicarbonatos en la superficie de la canaleta.
- La estructura está en buen estado.

- En este punto se cumple eficientemente con la aplicación y mezcla del coagulante.
- Cumple muy bien sus funciones a un 95%.

## **Coagulación**

En este proceso reacciona en múltiples etapas, con intercambio de masa, este paso se lo realiza en agua inalterada y separadamente en 3 pasos: conformación de coagulantes, desnaturalización de la partícula y acción del NOM-coagulante, enseguida ocurre esto en los tanques de mezcla acelerada, donde el agua es homogenizada y las partículas colisionan entre ellas formando floculos, (SALAZAR, Lorena, 2012., Pp: 10)

Actualmente en este proceso la planta utiliza:

- Policloruro de aluminio dosificando 0,12 gr/s mediante pulsaciones que se obtienen de una solución preparada anteriormente.
- El coagulante es dosificado en la canaleta de parshall.
- Este proceso se da de forma inmediata, (GAD, Totoras, 2016).

La remoción de la turbidez y la aclaración del agua son los principales beneficios obtenidos con este proceso además de eliminar ciertos microorganismos que afectan en el agua sabor y olor.

*Con la evaluación visual se constató que:*

- El pulsador funciona correctamente.
- En este punto el coagulante actual no cumple con sus funciones pues no es el adecuado.
- El sistema no cumple con sus funciones teniendo poca eficiencia.

## Floculación

Es el siguiente posterior a la coagulación, es una operación física-química donde se desestabilizan y son agrupadas las partículas coloidales, para ser enviadas de manera controlada al tanque de sedimentación donde se relacionan las partículas y son eliminadas fácilmente, los procesos de separación puede lograr una floculación acorde, (ROMERO, J, 2009., Pp: 77-94).



**Figura 7-1: Floculación**

**Fuente:** Escudero Eugenio, 2016

En el floculador de la PTPT se permite una interacción continua y suave del agua coagulada, para unir las partículas más diminutas en flóculos de masa y longitud mayor, la PTPT cuenta con:

- Floculación hidráulica, esta floculación es gracias a la gravedad y una serie de mecanismos tales como cámaras de floculación, barreras y tabiques que se encuentran juntos.
- Ocho cámaras de floculación enlazadas entre sí.
- Estructura de acero naval inoxidable y recubrimiento contra la corrosión.
- El tiempo de residencia es de 30 minutos.
- El área total de los ocho floculadores es de 7 m<sup>2</sup>.
- Volumen de 20.07 m<sup>3</sup>.

*Después de una evaluación visual de la estructura se pudo verificar que:*

- La estructura se encuentra en óptimas condiciones.
- En este proceso solamente se aglutinan en porciones más grandes los floculos cumpliendo al 100%
- El sistema de floculación cumple efectivamente con sus funciones al 100%.

## **Sedimentación**

Realizada en decantadores de la PTPT en estos se realiza la decantación del floculador, que se deposita en forma de barro al fondo. Comúnmente la caída de gradiente del agua que se da en esta zona es de 42 minutos a una 1 hora, (GAD, Totoras).



**Figura 8-1: Sedimentación**

**Fuente:** Escudero Eugenio. 2016

Estructurados por vertederos en los cuales el agua superiores captada pues esta ya presenta menos turbiedad pasa a la zona de filtración por medio de los mismos. “Los sólidos en suspensión son separados en este proceso por efecto de la gravedad a causa de la diferencia de densidades con el agua. El diámetro y la densidad de las partículas así como la viscosidad de la solución son determinados por la velocidad de sedimentación, (VILLEGAS, M, 2007., Pp: 55-67).



**Figura 9-1** Vertederos del sedimentador

**Fuente:** Escudero Eugenio. 2016

El sedimentador de la PTPT consta con las siguientes propiedades que son:

- Estructura de acero naval inoxidable.
- Área total de 12 m<sup>2</sup>.
- Volumen total de 31 m<sup>3</sup>.
- Consta de vertederos ascensionales acelerados ABS de 0.1 m<sup>2</sup> de área entrecruzados entre sí.
- Canaleta de acero inoxidable con pequeños dientes por donde se traslada el agua final.

*Después de una inspección visual a la estructura y proceso de sedimentación se verifico que:*

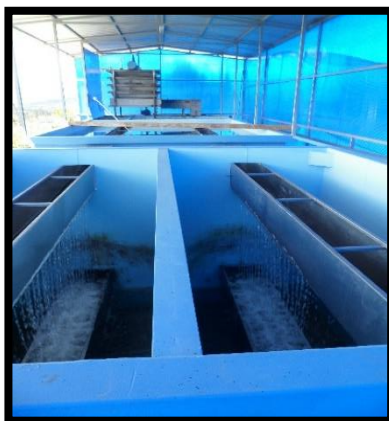
- Hay acumulación de materia sólida en los orificios de sedimentación.
- El acero se encuentra en óptimas condiciones físicas.
- En este proceso se sedimentan todos los floculos cumpliendo con sus funciones al 100%.
- El sedimentador cumple óptimamente con su función.

## Filtración

Se sabe que casi la totalidad del color y turbiedad se remueve en la coagulación, floculación y sedimentación el sobrenadante que continúa aun después de pasar por el proceso de sedimentaciones eliminado de forma sistemático a través de una filtración, (ROMERO, J, 2009., Pp: 193-196).

En la planta de purificación, la filtración remueve el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, compuesto de floc, suelo, metales oxidados y microorganismos, la planta tiene las siguientes características:

- Dos filtros rápidos de arena.
- El lecho filtrante superficial es arena sílica y grava.
- La estructura es de acero naval inoxidable.
- Área total de los 2 filtros 9 m<sup>3</sup>.
- Volumen total de los dos filtros 27 m<sup>3</sup>.



**Figura 10-1:** Filtro rápido de arena

Fuente: Escudero Eugenio. 2016

*Después de una inspección visual de los filtros se verifico que:*

- La estructura se encuentra en perfectas condiciones.
- En este punto el filtrado cumple al 100% con su del proceso.

- Cumple con su función de manera sistemática.

## **Desinfección**

Una vez que el agua pasa a la reserva después de ser filtrada, allí según diferentes métodos se desinfecta, el método usado es el de la cloración que es un proceso de desinfección, es decir ayuda a la supresión de bacterias que perturba la calidad de agua, el cloro se puede utilizar de manera sólida (hipoclorito de Ca), líquido (hipoclorito de Na) o gaseoso ( $\text{Cl}_2$ ), se ha comprobado su efectividad como desinfectante y tiene bajo precio asegurando de esta manera que el agua está independiente de microorganismos, (ROMERO, J, 2009., Pp: 247-250).

Actualmente la planta en este proceso opera de esta forma:

- Usa Cloro gaseoso ( $\text{Cl}_2$ ), el cual es un gas tóxico de color amarillo verdoso.
- La planta tiene un tanque que contiene a presión cloro gaseoso en una masa de 127gr, el proveedor es Quimicalzen.
- Dosificado por una bomba a razón de 0.0083 gr/s.
- Sistema de tuberías de 5 pulgadas, en donde se produce la mezcla con el agua a desinfectar (GAD, Totoras, 2016).

*Después de una inspección visual de la estructura usada en la desinfección se verifico que:*

- El tanque de cloro gaseoso está en perfectas condiciones.
- El sistema y la estructura en si se encuentra en perfectas condiciones.
- El proceso de cloración cumple con su propósito al 100%.





**Figura 11-1:** Dosificador Y Tanques De Cl<sub>2</sub>  
**Fuente:** Escudero Eugenio. 2016

**Tabla 1-1: Consideraciones de operación y mantenimiento de Cloradores**

TIPOS DE EQUIPOS	OBSERVACIONES
Cloradores de dosificación directa, cloro gaseoso seco	Se aplica cloro gaseoso seco al agua. Se usa solamente cuando no existe disponibilidad de agua a presión.
Cloradores de dosificación de cloro gaseoso en solución	Se aplica solución de cloro gaseoso en agua, al agua bajo tratamiento. Se prefieren los cloradores de vacío

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Bvsde, Paho, 2016., Cloradores

**Tabla 2-1: Dosificación**

TIPOS DE CONTROL	OBSERVACIONES
Manual	Cuando el caudal es relativamente invariable. La dosis se concierta a mano.
Semiautomático	La dosificación se inicia o se detiene mediante un instrumento eléctrico o hidráulico
Automático	Se ajusta automáticamente la dosificación con un control de caudal

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Bvsd, Paho, 2016., Dosificacion-Desinfeccion

## **Tanque de Distribución**

El tanque de distribución con el que la planta cuenta es donde se recibe el agua tratada he inmediatamente se distribuye hacia los tanques de almacenamiento este tanque tiene:

- Un volumen de 36 m<sup>3</sup> y está dispuesto dentro de la planta de tratamiento de agua.
- Construcción de hormigón armado.
- Tapa metálica.
- Tiempo de residencia del agua tratada es de un minuto (GAD, Totoras, 2016).

*Después de una inspección visual de la estructura se verifico que:*

- Tiene materia sólida en su base.
- La estructura en general está en buen estado.
- Cumple con su función de forma óptima al 100%.

## **Tanques de almacenamiento**

Para remediar las transiciones horarias de requerimiento de agua tratada, los tanques reservorios de agua son un elemento fundamental en un sistema de abastecimiento de agua potable. Son dimensionadas los tanques de almacenamiento para puedan abarcar la demanda de agua apta para el consumo humano y para que se pueda suministrar del líquido efectivamente a la población en su totalidad a lo largo del día sin verse afectado el abastecimiento por las variaciones horarias adaptándose a tal factor (BVSDE, Almacenamiento-Agua, 2016).

Los tanques de almacenamiento de la planta tienen las siguientes características:

- Se encuentra a 500 metros de la planta.
- Tiene un desnivel con la planta de tratamientos de 20 metros.
- Dos tanques de construcción de hormigón armado reforzado.

- Capacidad total de 200 m<sup>3</sup> cada uno.
- Sistema de tuberías de 5 pulgadas de diámetro.
- El agua bajo gracias al desnivel y por presión.

*Después de una inspección visual de los tanques de almacenamiento se evidencio que:*

- Los tanques tienen 10 años desde su construcción.
- Presenta ciertas fisuras en su estructura.
- Las tapas metálicas tienen pequeñas picaduras de corrosión.
- En la actualidad cumple bien su función al 95% (GAD, Totoras, 2016).

### 1.3.1.4 Resultado de los análisis del anteproyecto

Inicialmente se realizó una caracterización del agua potable que distribuye la planta de tratamientos de la parroquia Totoras, comprobando que existen parámetros fuera de norma, como: Dureza, Calcio, Fosfatos y Flúor.

## ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998200 ext 332    Riobamba - Ecuador

**INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS**

Solicitado por: Sr. Eugenio Escudero

Fecha de análisis: 30 de septiembre del 2015

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.

Localidad: Parroquia Totoras, Canton Ambato


Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,87
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	870
Turbiedad	UNT	5	0,5
Cloruros	mg/L	250	31,2
Dureza	mg/L	300	344,0
Calcio	mg/L	70	72,0
Magnesio	mg/L	30 - 50	39,9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	300,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	306,0
Sulfatos	mg/L	200	92,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,185
Nitritos	mg/L	0,01	0,010
Nitratos	mg/L	< 40	0,03
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	2,30
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,71
Sólidos Totales	mg/L	1000	681,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	520,0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Alvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

**Figura 12-1** Caracterización físico-química inicial

Fuente: Laboratorio de calidad ambiental, ESPOCH, 2016

## **Bases Teóricas**

### **1.3.1.5 *El agua***

Los seres vivos necesitan el agua para que la estructura y el metabolismo de los seres vivos se desarrollen de manera eficiente, además es la sustancia presente más abundante y basta en nuestro planeta, es uno de los más fundamentales componentes del entorno en que se desarrolló la vida humana tal como la conocemos. En fase líquida alrededor de un gran porcentaje de la extensión terrestre está compuesta por fase líquida de agua que se distribuye en mares, ríos y cuencas (ROMERO, J, 2009., Pp: 15-20). La hidrosfera está compuesta por agua y en la atmosfera no se encuentra con delimitación precisa porque se compenetran entre ella. Y obviamente la sustancia es el medio propicio y principal base para la vida que se desarrolla sobre el planeta, el agua cubre en su totalidad a tres cuartas partes de la superficie planetaria (ABARCA, Elizabeth, 2014., Pp: 1), la esencia del organismo humano está formado variablemente entre seres un poco más del 70%, cabe acotar que la misma no existe en forma natural en el entorno siempre se encuentra disuelta junto a minerales y sustancias orgánicas las cuales están disueltas dentro del agua.

### **1.3.1.6 *Clases de agua***

#### **Aguas de torrentes.**

Son las aguas que se presentan generalmente de forma incolora y sin sabor aparente están en movimiento constante y atraviesan grandes terrenos tienen contaminación microbiana y se las usa en el ámbito agropecuario.

#### **Agua Potable**

Es el agua tratada apta para el consumo humano no tiene color ni sabor dependiendo del tratamiento dado no contiene contaminación microbiana es obtenida de diversas fuentes comúnmente la más cercana y económica de potabilizar (ROMERO, J, 2009., Pp: 16).

## **Aguas Medicinales y Termales**

Son aguas comúnmente que emergen de la tierra y se encuentran cerca de alguna emanación termal razón por la cual posee alto contenido de minerales según el terreno que atraviesa su color y olor también son característicos de los minerales presentes en el área.

## **Agua Destilada**

Se la obtiene por procesos físicos de destilación de aguas el producto de las mismas es agua pura sin ningún componente mineral ni sólidos esta agua no es recomendable para el consumo humano ya que no aporta beneficios aparentes (UVIDIA, Jhoana, 2013., Pp: 2,3).

### **1.3.1.7 Fuentes de agua**

## **Aguas Superficiales**

Son todas las aguas de ríos, lagos o torrentes presentes y cercanos los cuales son de fácil procesamiento para ser potable (NUÑEZ, Ángel, 2013., Pp: 8).

## **Aguas Fluviales**

Son aguas frecuentemente provenientes de deshielos y de uso a lugares cercanos a los mismos pues acarrea menos contaminación y por consiguiente menos costo de tratamiento (UVIDIA, Jhoana, 2013., Pp: 3).

## **Aguas Subterráneas**

Son las aguas que se presentan de emanación de manantiales de pozos de cuevas y de formaciones rocosas son extraídas de las profundidades de la tierra razón por la cual acarrea y se disuelven minerales los cuales según el terreno varían en diferentes aguas subterráneas algunos y casi todos son beneficiosos para el consumo pero el problema radica en que su alta

concentración en algunos casos los hace tóxicos y venenosos para el hombre razón por la cual es necesario implementar y tratarla con técnicas optimas y eficientes comúnmente tienen bicarbonatos sulfatos y entre otros (BVSDE, 2016., Agua).

### **Agua de Lluvia**

Es el agua que se obtiene de las precipitaciones de agua generalmente son parecidas al agua destilada y aptas para que el hombre la consuma.

#### **✓ Aguas de mar**

Este tipo de agua contiene alto contenido de NaCl y varios contaminantes haciéndola inapropiada para el consumo del hombre sin embargo existen técnicas que aunque costosas en algunos lugares son el único medio para abastecerse del líquido vital (BVSDE, 2016., Agua).

### **1.3.1.8 Características del agua**

#### **Características físicas**

##### **✓ Color**

Esta cuantificación es esencial a tratar no por los problemas sanitarios más bien es porque la población rechaza este tipo. Si la coloración es producida por fábricas conlleva a la aparición de sustancias tóxicas (OMS, 2016., Pp: 189-199).

##### **✓ Turbiedad**

Es el material suspendido en el agua lo cual no permite el paso de la luz, esto se debe a varios factores como la estética y todos los contaminantes que conlleva e incluye una turbiedad fuera de norma (BVSDE, 2016., Características-Agua).

✓ **Olor y Sabor**

Tal parámetros son de atención primordial ya que es indicativo de varios contaminantes que se presentan causando mala apariencia del agua y problemas en el usuario.

✓ **Temperatura**

Este parámetro se relaciona con todas las reacciones químicas que se dan en el agua para lo cual es necesario equilibrar este parámetro antes de que al agua se le aplique un tratamiento (OMS, 2016., Pp: 191).

✓ **Sólidos totales**

Es el resultado de evaporar el agua a 105 °C, después de esto quedan los residuos sólidos presentes en el agua.

✓ **Sólidos Sedimentables**

Son todos los sólidos que al estar el agua pasible se precipitan al fondo de la misma.

✓ **Sólidos Disueltos**

Este parámetro indica y cuantifica todos los sólidos que están interactuando con otras propiedades del agua por lo que no son visibles pues sus moléculas están formando compuestos con otros componentes presentes en el agua estos sólidos se presentan al evaporar el agua a 600°C.



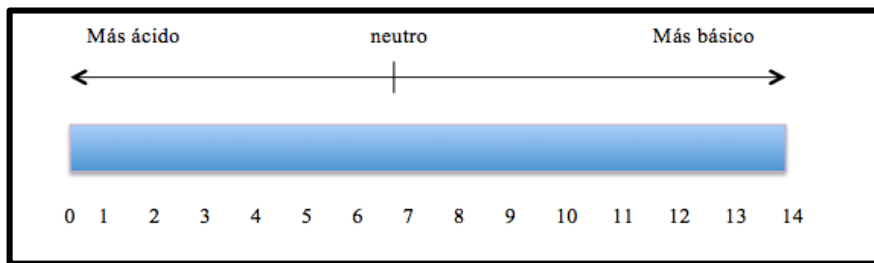
### ✓ Conductancia Específica

Está relacionado con la cantidad de iones presentes en el líquido pues estos transmiten corriente eléctrica también interactúa con la temperatura (BVSDE, 2016., Características-Agua).

### Características Químicas

### ✓ Potencial hidrógeno pH

Este parámetro indica y diferencia medios ácidos y básicos del agua es fundamental conocerlo antes de cualquier tratamiento con reactivos, se maneja a la escala de 0 – 14 como se muestra en la siguiente figura.

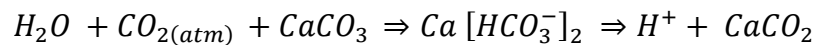


**Figura 13-1:** Escala De pH.

Fuente: . <http://valerialuna.com/2015/11/24/ph-de-la-piel/>.

### ✓ Alcalinidad

Considera y da a conocer la cantidad de iones presentes en el líquidos, se originan cuando industrias vierten bases fuertes que llegan a las aguas naturales (GRUPO-FORMASELECT, 2007., Pp: 13-17).



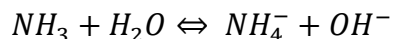
**Rx. (1-1)**

## ✓ Hierro y Magnesio

Son moléculas que se presentan casi siempre juntas y son características en aguas del subsuelo es necesario estandarizarlo y normalizarlo con los parámetros y normas pues son dañinos en tuberías y equipos pus los oxidan.

## ✓ Nitrógeno

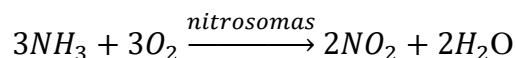
Este compuesto de nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato. El nitrógeno amoniacal está combinado por un ion amonio o como amoníaco.



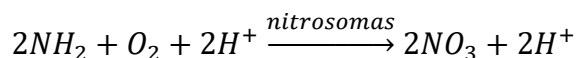
**Rx. (2-1)**

La norma estandariza al nitrógeno amoniacal en 0,1 mg N/L como su presencia máxima en medios líquidos subiendo en aguas superficiales a 0,2 mg N/L y en casos excepcionales sube a 2-3 mg N/L esto se da porque los acuíferos o fuentes están cerca de cultivos donde se usa fertilizantes o cerca del sector industrial, siendo el mayor medio de contaminación la descomposición de la materia carbonada (OMS, 2016., Pp: 210).

Las subsiguientes reacciones fulguran las formas de nitrógeno.



**Rx. (3-1)**



**Rx. (4-1)**

## ✓ Dureza

La presencia en el agua de forma disuelta de calcio y magnesio es un parámetro de presencia de dureza en el agua en cantidades variables, los parámetros normados y establecidos aconsejan una concentración de la misma entre 200 y 300 mg/L, ya que una dureza mayor

del el agua acarrea problemas tanto como para la salud humana y a los sistemas y plantas de tratamiento que son afectadas por incrustaciones y taponamientos en sus estructuras, este tipo de agua es característica de efluentes subterráneos ya que a lo largo del tránsito por medio del rocas se han ido disolviendo las moléculas que dan la característica de dura al agua. (OMS, 2016., Pp: 215).

#### ✓ **Sulfatos**

La presencia de este mineral en aguas subterráneas cuando el mismo está en exceso da al agua un efecto inodoro malo también disminuye el pH que da como resultado un mayor poder de corrosión del agua sobre estructuras metálicas.

#### ✓ **Fosfatos**

Una forma de contabilizar el riesgo de eutrofización es medir la concentración del agua, pues este factor limita y altera el desarrollo del entorno vegetal alterando el agua, su presencia alienta el crecimiento de algas de esta manera aumenta la demanda de oxígeno, puede presentarse en forma disuelta y sólida, las diferentes maneras y tratamientos para eliminar el exceso de fosfatos abarca el uso de bacterias aeróbicas o con lavados frecuentes de la misma además de que al aumentar el cloro actúa sobre las bacterias reduciendo su producción (Núñez, Ángel, 2013., Pp: 12).

#### ✓ **Cloruros**

Este tipo de iones se encuentra en el entorno natural en forma de sales formando parte y disueltos en drenajes y abastecimiento de agua, tal contaminación tiene como origen la interacción con actividades humanas, Cuando el agua presenta cloruros es su formación se la identifica porque al probarla esta mes levemente salada que indica la presencia de NaCl (OMS, 2016., Pp: 216).

Se lo encuentra en altas concentraciones en el agua de mar y en menos en aguas dulces puesto que no causa efectos dañinos a la salud humana si no es tomada en exceso y si su concentración no es muy elevada, razón por la cual en este tipo de aguas viven muchos microorganismos, plantas, y fauna marina. El tratamiento de este tipo de aguas resulta demasiado elevado si se dispone de otras fuentes de agua en países donde solo se presenta esta agua como única alternativa de potación se la realiza.

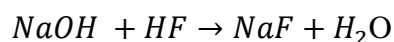
#### ✓ **Hierro**

Se presenta en concentraciones de hasta varios miligramos por litro en aguas del subsuelo presentándose como hierro ferroso esta concentración no afecta en el olor, color ni sabor permitiendo que esta se utilizable para fines de potabilización sin embargo dicha agua al salir de las fuentes subterráneas y al tener contacto con el aire atmosférico el hierro ferroso se convierte en hierro férrico el cual por lo general es rojizo y brinda esta misma característica al agua además que emite un sabor metálico al agua. Es recomendable que los niveles de concentración del hierro estén por debajo de 0,3 mg/L (GRUPO-FORMASELECT, 2007., Pp: 20).

#### ✓ **Fluoruros**

Este tipo de compuesto es característico de aguas subterráneas en donde se encuentra disuelto en el agua en forma de ácido fluorhídrico la cual lleva consigo al  $F^-$  que es el ion característico, también esta presente en ciertas aguas pues sus gobiernos la añaden como suplemento mineral pero en contracción a este tipo de prácticas estudios sobre el impacto del mismo en el cuerpo lo sitúan como perjudicial para salud humana (PAHO, Flúor, 2014., Pp: 2).

Reacciona com o a continuación se expone:



***Rx. (5-1)***

### ✓ **Aluminio**

Esta suatacia se presenta en las aguas por motivos industriales, naturales y porque son usados como coagulantes del agua misma en forma de sales de aluminio la misma debe ser controlada y no debe exceder los 0,2 mg/L pues presenta solidos precipitados en lña entrega del agua en sí, Razon por la cual es menester optimizar sus uso y entregar una calidad de agua tratada eficiente (BVSDE, Aluminio, 2016).

### **Características Biológicas**

Cuando el agua eleva su temperatura y además posee materia orgánica da paso a la formación de microorganismos y diversas formas como la presencia de mohos algas plancton en el cual se cuantifica la presencia de materia carbonada orgánica que al desarrollarse causan un olor y sabor desagradable en la misma e influyen el incremento de turbiedad en el agua misma además de alterar otras características como el potencial de hidrogeno, solidos, fosfatos, nitrógeno entre otros (ROMERO, J, 2009., Pp: 248).

### ✓ **Coliformes totales**

El aparecimiento e inclusión de estas bacterias en el agua se supone una contaminación de materia orgánica sea este de animales, plantas o de humanos, pertenecen a la familia Enterobacteriaceae.

### ✓ **Coliformes fecales**

Este tipo de contaminación es una de las más peligrosas para el ser humano ya que están presentes virus, bacterias de carácter infeccioso y porque estas se presentan en los excrementos animales y humanos también porque debido a que este parámetro no se normaliza es vía de transmisión de epidemias al ser humano por lo cual es prioridad tratarlo (ROMERO, J, 2009., Pp: 250).

### **1.3.1.9 Calidad Del Agua Potable**

El aseguramiento de la calidad del agua H<sub>2</sub>O nos permite obtener una agua incolora, inodora y sinsabor, vital para los procesos metabólicos humanos, faunísticos y de la flora además que en la naturaleza funge como solvente universal.

No se la encuentra en forma pura ni aislada de minerales y sólidos disueltos suspendidos y totales además de contaminantes químicos y microbiológicos que alteran su composición y calidad esto se da por la interacción del agua con el medio ambiente y los diferentes factores físicos con los que interactúa cuando está en movimiento cuando no lo está surge el inconveniente de que al estar estática no recibe el aire y oxígeno suficiente y en ella comienza a desarrollarse material orgánico que aporta microorganismos a la vez olor, color y sabor desagradables, cuando está en movimiento como en ríos se contamina al mezclarse con desechos domésticos e industriales llevando esta contaminación a los mares (PAHO, Agua, 2016., Pp: 3).

A pesar de que la naturaleza purifica constantemente el agua por sedimentación natural, aireación natural y extinción de las bacterias patógenas los procesos de contaminación a la que está expuesta son más incidentes en la misma razón por la cual al encontrar una agua natural pocas veces se la encontrara salubre y apta para su consumo directo es por eso que a toda agua que se dispone para el consumo humano es a priori tratada y normalizada según los parámetros vigentes y establecidos, el agua subterránea específicamente presentan una buena calidad generalmente pues en apariencia son claras y de estética aceptable, es por eso que una vez más se comprueba que el agua pura no existe en la naturaleza (ROMERO, J, 2009., Pp: 20).

El agua de indudable seguridad es la que no es perjudicial para el ser que la beba o consuma mientras que a diferencia del agua que ha sido potabilizada que es aquella que aparte de ser segura e inocua presenta características físicas – químicas y estéticas satisfactorias apta para la distribución a la población, por lo cual el agua apta para el consumo en forma relativa mas no absoluta refiriéndose a la seguridad pues se deben considera los factores como origen y

diferentes formas de tratamiento que no pongan en riesgo al consumidor respecto a su salud por lo cual la calidad del agua está en estudio constante para encontrar formas seguras de tratabilidad, las cuales ya no se limitan a asegurar el agua solo en su tratamiento sino que además se debe verificar la seguridad en las redes y sistemas de distribución hacia la población pues constantemente en este punto están apareciendo nichos contaminantes (OMS, Agua, 2016).

#### **1.3.1.10      *Sistema de agua potable***

Es función del sistema de agua de calidad asegura a los usuarios de su jurisdicción o donde esta esté e rigor agua salubre, segura y de calidad física, química y estética y que además satisfaga la demanda de la población cubriendo sus necesidades, se sabe que el ser humano está compuesto por un 70% de agua el líquido necesario vital la cual debe cumplir por la norma vigente en cada región además de cumplir con los requisitos internacionales emitidos por la (OMS) organización mundial de la salud en su conjunto estos organismos y normas. Por lo tanto la definición que más se acepta es que el agua de calidad es la que más se acerca a la pureza y es apta para el consumo de la población sin causarle daños físicos ni enfermedades a causa de la misma al ingerirla o usarla en diferentes actividades que implique consumirla o tener contacto con ella (Jiménez J., 2013.P.16).

Un sistema de agua potable se basa en el diseño de tratabilidad y tratamiento físico – químico y bacteriológico que necesita mejoramiento integral del líquido empleando procesos, recursos, investigación, técnicas y experimentos de estudio en el área que se haya identificado deficiente empleando operaciones y todos los recursos existentes para calibrar dicha necesidad. El principal fin y objetivo del diseño y optimización de una planta de tratamiento de agua de calidad es implementar procesos y operaciones físicas y químicas que satisfagan en el ámbito de la calidad y de la economía una potabilización del agua de manera óptima, segura y eficiente por lo tanto dichos estudios y funcionamiento debe tener y ganarse confiabilidad de operación y entrega de agua potable de calidad para la población demandante y satisfecha (NUÑEZ, Ángel, 2014., Pp: 48).

## **1.4 Beneficiarios directos e indirectos**

### **Beneficiarios Directos**

Los beneficiarios directos son: La Junta Administradora de Agua Potable de Totoras y el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Totoras.

### **Beneficiarios Indirectos**

Los beneficiarios indirectos son: todos los usuarios de la red o las personas que se benefician de la distribución de agua potable de la Parroquia Totoras.



## **2 CAPITULO 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **2.1 Objetivo General**

Optimizar la planta de tratamiento de Agua Potable de la Parroquia Totoras, Cantón Ambato.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ❖ Efectuar un diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la planta.
- ❖ Realizar la caracterización Físico – Químicas y Microbiológicas del agua potable de la planta de tratamientos en base a la norma INEN NTE 1108: 2006 y legislación vigente, antes y después del tratamiento existente.
- ❖ Plantear alternativas de mejora para el funcionamiento de la planta de agua potable, sustentado en un soporte técnico y económico.
- ❖ Caracterizar al agua mediante métodos físico-químicos y microbiológicos posterior a la aplicación del plan de mejora.

### 3 CAPITULO 3. ESTUDIO TECNICO

#### 3.1 Localización del Proyecto

La planta de tratamiento de agua potable de la Parroquia Totoras del Cantón Ambato.

**Tabla 1-3: Información de localización del proyecto**

<b>UBICACIÓN</b>	Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, Parroquia Totoras
<b>LÍMITES</b>	Limitada al Norte por las Parroquias de Huachi Grande y Picaihua, al Este la Parroquia Picaihua y Cantón Pelileo, al Sur la Parroquia Montalvo y Cantón Cevallos, al Oeste las Parroquias de Montalvo y Huachi Grande.
<b>LATITUD</b>	1°19'19.72"S
<b>LONGITUD</b>	78°36'3.76"O
<b>ALTITUD</b>	2749msnm
<b>TEMPERATURA</b>	Promedio de 14,5 grados Centígrados

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Gobierno Autónomo Descentralizado De La Parroquia Totoras



**Figura 1-3: Ubicación De La Planta De Tratamiento De Agua Potable**

**Fuente:** Google Earth, 2016

## 3.2 Ingeniería del Proyecto

### Diagnóstico del estado de la planta actual

El diagnóstico realizado al estado actual de la planta permitió observar y constatar cómo se encuentra funcionando la planta de potabilización de la parroquia Totoras Cantón Ambato, la cual se pudo no está funcionando adecuadamente, debido a que la dosificación actual con PAC no ayuda a mejorar la calidad del agua, por lo tanto se tiene parámetros fuera de norma como: Dureza, Calcio, Fosfatos y Flúor.

### Muestreo

Para obtener las muestras necesarias para realizar el presente trabajo se optó por un muestreo aleatorio- simple que se establece de la siguiente manera:

**Tabla 2-3 Cronograma de Muestreo**

MUESTREO ALEATORIO-SIMPLE									
MES:	Febrero				Marzo				Número de muestras
Muestra	Semana				Semana				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Agua Cruda Etapa de Captación Día Soleado	x						x		2
Agua Cruda Etapa de Captación Día Lluvioso			x		x				2
Agua Tratada Etapa de Salida					x		x	x	3
					TOTAL DE MUESTRAS				7

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Escudero Eugenio. 2016

Las muestras fueron tomadas de dos puntos pertenecientes a la planta específicamente de la captación del agua cruda y a la salida del agua tratada (tanque de almacenamiento), con un total de 7 muestras recolectadas durante 2 meses con lo cual se pudo realizar una valoración del sistema de tratamiento de agua realizando los análisis físicos-químicos y microbiológicos.

Las muestras recogidas recolectadas en el sitio fueron transportadas de manera cuidadosa al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Facultad de Ciencias, siguiendo la la Norma INEN 2 169:98 Agua - Calidad del agua - Muestreo, manejo y conservación de muestras, donde se realizaron las caracterizaciones físico – químico y microbiológicas siendo cotejadas con las Normas: INEN 11:08 2006, TULSMA y las guías de la OMS.

#### **3.2.1.1 *Transporte y Manipulación de Muestras***

Para un adecuado, soluble y normado transporte se dejó libre el 10% de volumen total del recipiente impidiendo la entrada de aire, derrames o pérdida de muestra. En cada muestra se llevó un formulismo de recolección de muestras, donde se registró la ubicación exacta del punto de toma de muestras, situación de la misma, fecha y hora de la toma. Se mantuvo las condiciones normales del transporte de las muestras al laboratorio para su posterior caracterización y análisis. Además durante el muestreo se tomó en consideración aspectos relevantes como: la utilización adecuada de recipientes, preparación de recipientes de acuerdo al análisis requerido, llenado del recipiente, identificación y transporte de muestras; las directrices de cada uno de estos parámetros se mencionan en la Norma INEN 2 169:98 Agua - Calidad del agua - Muestreo, manejo y conservación de muestras.

#### **Caracterización del agua**

Las muestras de agua se analizaron en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Facultad de Ciencias, siguiendo las Normas: INEN 1108: 2006, TULSMA y las guías de la OMS.

### 3.2.1.2 Caracterización del agua que ingresa a la PTAPPT

Los valores de las características físico-químicas y microbiológicas como resultado de los análisis de las muestras respectivas de agua en entrada a la planta, son los siguientes:

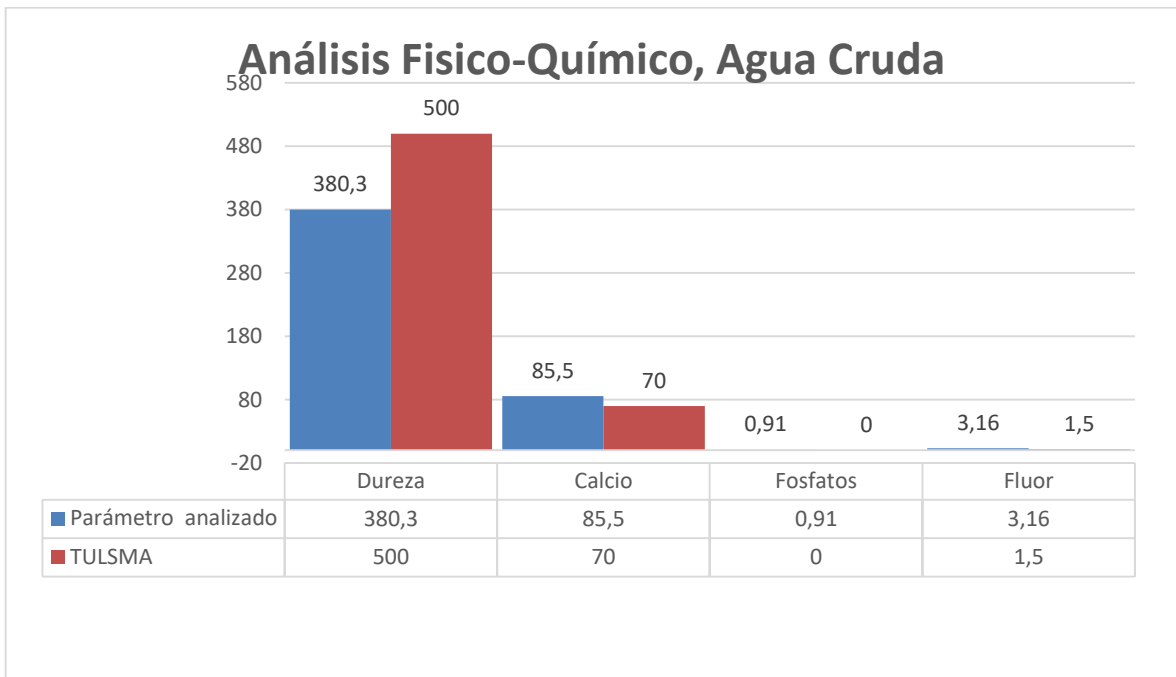
**Tabla 3-3: Análisis físico - químico y microbiológico del Agua Cruda – Etapa de Captación**

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS			LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
		PROMEDIO DE MUESTRAS			
		Día de sol	Día de lluvia	Promedio	TULSMA Tabla 1
Color	Und Co/Pt	1,00	1,00	1	----
pH	Unidad	8,18	8,18	8,18	6 – 9
Conductividad	uS/cm	990	989	989,5	1250
Turbiedad	UNT	1,8	1,8	1,8	5
Cloruros	mg/L	7,8	7,8	7,8	250
Dureza	mg/L	380,1	380,5	380,3	500
Calcio	mg/L	85,5	85,5	85,5	70
Magnesio	mg/L	48,5	48,7	48,6	----
Alcalinidad	mg/L	250,6	250,7	250,15	----
Bicarbonatos	mg/L	320,9	320,1	320,5	----
Sulfatos	mg/L	115,9	115,9	115,9	----
Amonios	mg/L	0,412	0,412	0,412	----
Nitritos	mg/L	0,014	0,014	0,014	1
Nitratos	mg/L	0,215	0,215	0,215	10
Fluoruros	mg/L	3,15	3,17	3,16	1,5
Fosfatos	mg/L	0,91	0,91	0,91	0,1
Sólidos Totales	mg/L	691,0	690,9	690,9	----
Sólidos Disueltos	mg/L	530,0	531,7	530,85	1000
Coliformes Totales	nmp/100mL	87	87	87	2
Coliformes Fecales	nmp/100mL	29	29	29	2

Realizado Por: Escudero Eugenio. 2016

Fuente: Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias/ Inen 11:08 2014/2006, Tulsma, Guías De Oms

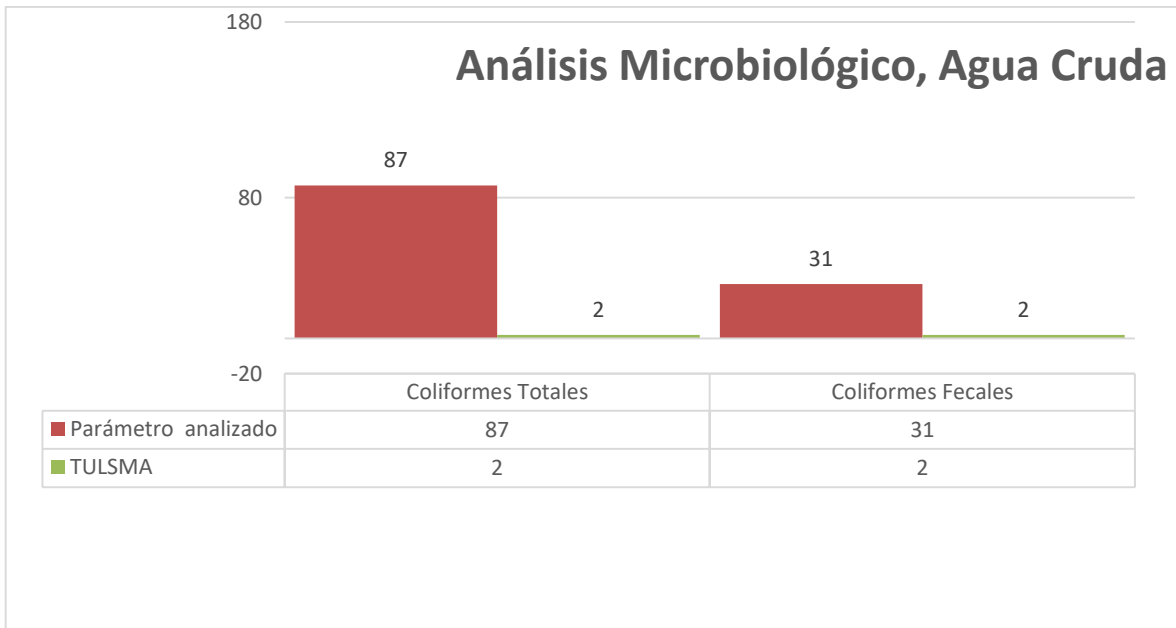
	Valor fuera de norma
--	----------------------



**Gráfica 1-3** Análisis Físico-Químico, Agua Cruda

**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Realizado por:** Eugenio Escudero, 2016



**Gráfica 2-3** Análisis Microbiológico, Agua cruda

**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Realizado por:** Eugenio Escudero, 2016

El agua cruda presenta parámetros físico-químicos y microbiológicos fuera de los límites permisibles (Ver Anexo C y D), los cuales son: Dureza, calcio, flúor, fosfatos, coliformes totales y fecales estos parámetros no cumplen con la norma INEN 1108:2006, OOMS, y el TULSMA, tal como indica la Grafica 1-3 y 2-3.

### 3.2.1.3 Caracterización del agua de salida de la PTAPPT

Los valores de las características físico-químicas y microbiológicas como resultado de los análisis de las muestras respectivas de agua tratada, son los siguientes:

**Tabla 4-3: Análisis físico - químico y microbiológico del Agua Tratada – Etapa de Salida – tratamiento actual**

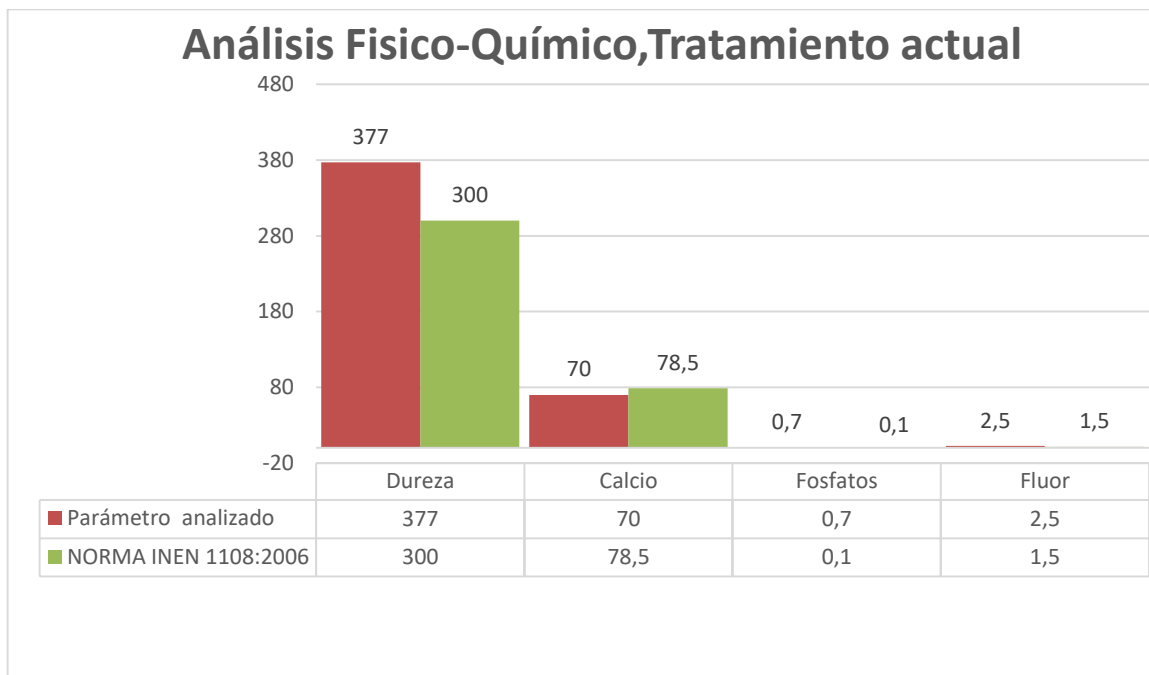
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
		PROMEDIO DE MUESTRAS	OMS	TULSMA Tabla 1	INEN 1108:2006
<b>Color</b>	Und Co/Pt	1,00	15	----	<15
<b>pH</b>	Unidad	7,56	< 8	6 – 9	6,5 - 8,5
<b>Conductividad</b>	uS/cm	870	----	----	< 1250
<b>Turbiedad</b>	UNT	0,5	2	0,1	5
<b>Cloruros</b>	mg/L	31,2	250	250	250
<b>Dureza</b>	mg/L	377,0	<500	500	300
<b>Calcio</b>	mg/L	78,5	100	70	70
<b>Magnesio</b>	mg/L	42,5	----	----	30 - 50
<b>Alcalinidad</b>	mg/L	300.0	----	----	250- 300
<b>Bicarbonatos</b>	mg/L	309,5	----	----	-----
<b>Sulfatos</b>	mg/L	92,0	250	----	200
<b>Amonios</b>	mg/L	0,185	----	----	1,00
<b>Nitritos</b>	mg/L	0.008	----	1	0,01
<b>Nitratos</b>	mg/L	0,03	----	10	< 40
<b>Fluoruros</b>	mg/L	2,5	----	1,5	1,5
<b>Fosfatos</b>	mg/L	0,7	----	----	<0,30
<b>Sólidos Totales</b>	mg/L	681,0	----	----	-----
<b>Sólidos Disueltos</b>	mg/L	520,0	1000	1000	1000
<b>Coliformes Totales</b>	UFC/ 100mL	ausencia	----	2	<2

<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/ 100mL	ausencia	----	2	< 2
---------------------------	---------------	----------	------	---	-----

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias/ Inen 11:08 2014/2006, Tulsma, Guías De OMS

	<b>Valor fuera de norma</b>
--	-----------------------------



**Gráfica 3-3** Analisis Físico-Químico, Tratamiento Actual

**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Realizado por:** Eugenio Escudero, 2016

Los análisis de las muestras de agua tratada en la planta de potabilización de la parroquia Totoras Ambato dieron como resultado parámetros fuera de la norma establecidos por la INEN 1108:2006, OMS y TULSMA Libro VI ANEXO 1/ Tabla 1: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional, según la gráfica 3-3, siendo estos Dureza, Calcio, Flúor y fosfatos (ANEXO E). Los resultados microbiológicos indican que los coliformes Totales Y fecales están dentro de la norma. Estos parámetros a más de un proceso físico requieren de un tratamiento químico para la obtención de agua potable de calidad.



## Pruebas de Tratabilidad

Una vez determinados los parámetros que no cumplen con los límites máximos permisibles de la norma NTE INEN 1108:2006 “Agua Potable”, se procedió a realizar una serie de pruebas de tratabilidad en el Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para establecer el tratamiento que se ajuste a las necesidades de un buen funcionamiento de la o las propuestas del nuevo sistema.

### *3.2.6.1 Pruebas de Jarras con Policloruro de Aluminio*

El tratamiento con PAC al 1% para la potabilización del agua para la parroquia Totoras a Cantón Ambato se explica en las pruebas de tratabilidad explicadas en la Tabla 5-3, para esto se tomó 1 gramo de PAC luego se aforo a 100mL . De una solución madre se tomó 3, 7,14 mL para añadir a una muestra con volumen de 100mL donde se agita por 5 minutos para luego dejar en reposo por media hora, y finalmente analizar los parámetros de interés.



**Figura 2-3:** Prueba con PAC 1%

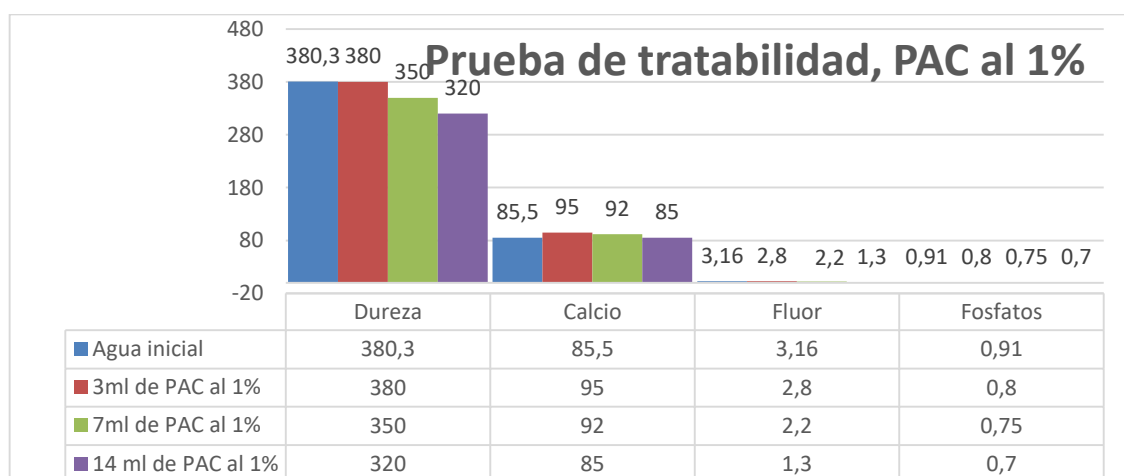
**Realizado por:** Eugenio Escudero

**Tabla 5-3: Pruebas de Jarras con Policloruro de Aluminio**

	Entrada	3mL de policloruro de aluminio (1%) con hidróxido de sodio(1N)	7mL de policloruro de aluminio (1%) con hidróxido de sodio (1N)	14mL de policloruro de aluminio (1%) con hidróxido de sodio (1N)
<b>pH</b>	<b>8,18</b>	<b>8,5</b>	<b>8,7</b>	<b>8,8</b>
<b>Dureza</b>	<b>380</b>	<b>340,1</b>	<b>320</b>	<b>350</b>
<b>Calcio</b>	<b>95</b>	<b>85,5</b>	<b>92</b>	<b>85</b>
<b>Fosfatos</b>	<b>0.91</b>	<b>0.80</b>	<b>0.75</b>	<b>0.7</b>
<b>Flúor</b>	<b>3.16</b>	<b>2.8</b>	<b>2.2</b>	<b>1.3</b>

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias



**Gráfica 4-3 Pruebas de jarra con PAC al 1%**

**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Realizado por:** Eugenio Escudero, 2016

## Condiciones de operación

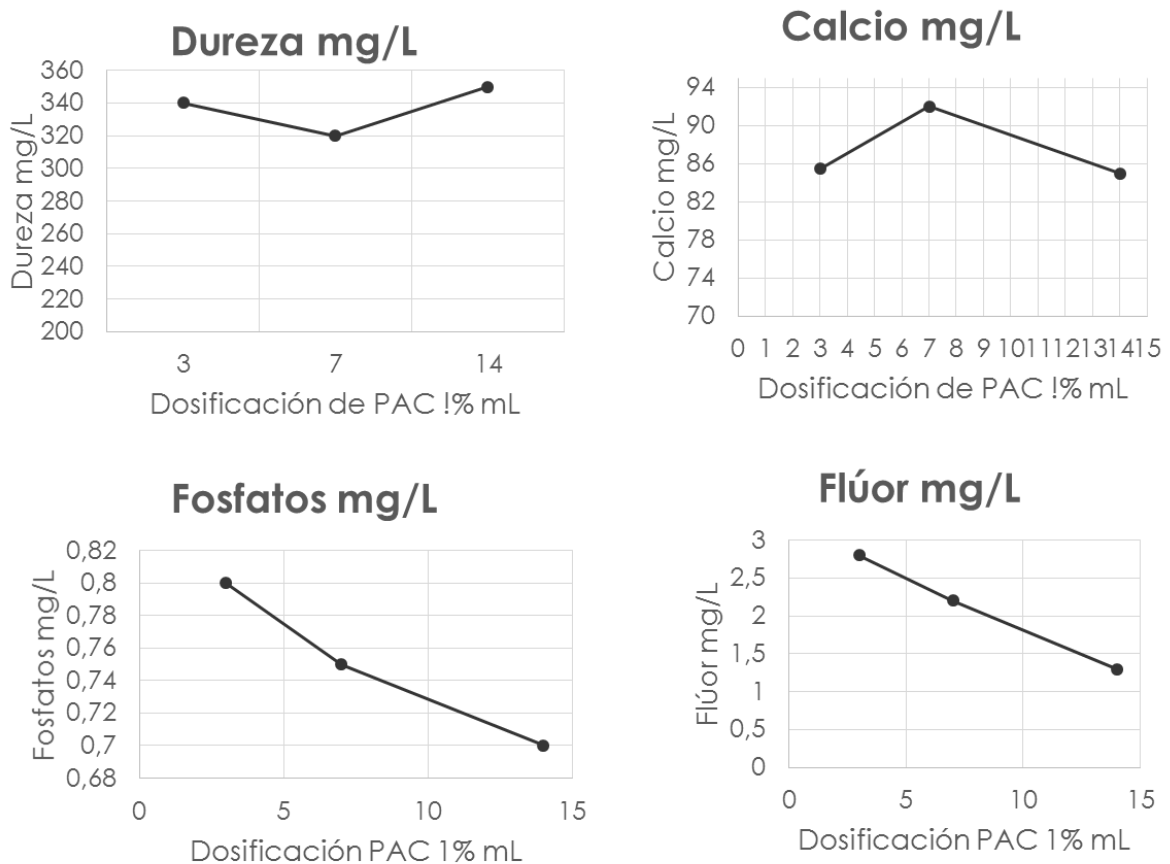
**Tabla 6-3: Condiciones de trabajo para la prueba de jarra con PAC**

	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
<b>Mezclado rápido</b>	80	1
<b>Mezclado lento</b>	20	5
<b>Sedimentación</b>	0	30

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias

## Curvas comparativas



**Figura 3-3:** Curvas de resultado con la prueba de jarras de PAC

Realizado por: Eugenio Escudero

Los resultados de las pruebas de tratabilidad con PAC al 1% permitió la remoción de un solo parámetro que fue el flúor el resto como el calcio, dureza y fosfatos se mantuvieron fuera de la norma así como se detalló en la gráfica 4-3

### 3.2.6.2 Pruebas de jarras con cal y policloruro

Se realizó una mezcla de 10:1. Se tomó 3 gramos de PAC y 3 gramos de Cal, cada uno se aforo a 100mL, luego se tomó 50mL de PAC y 5mL de la solución de cal la mezcla de las 2 soluciones se aforo a 100mL, con la mezcla final se realizó las pruebas de tratabilidad correspondientes.



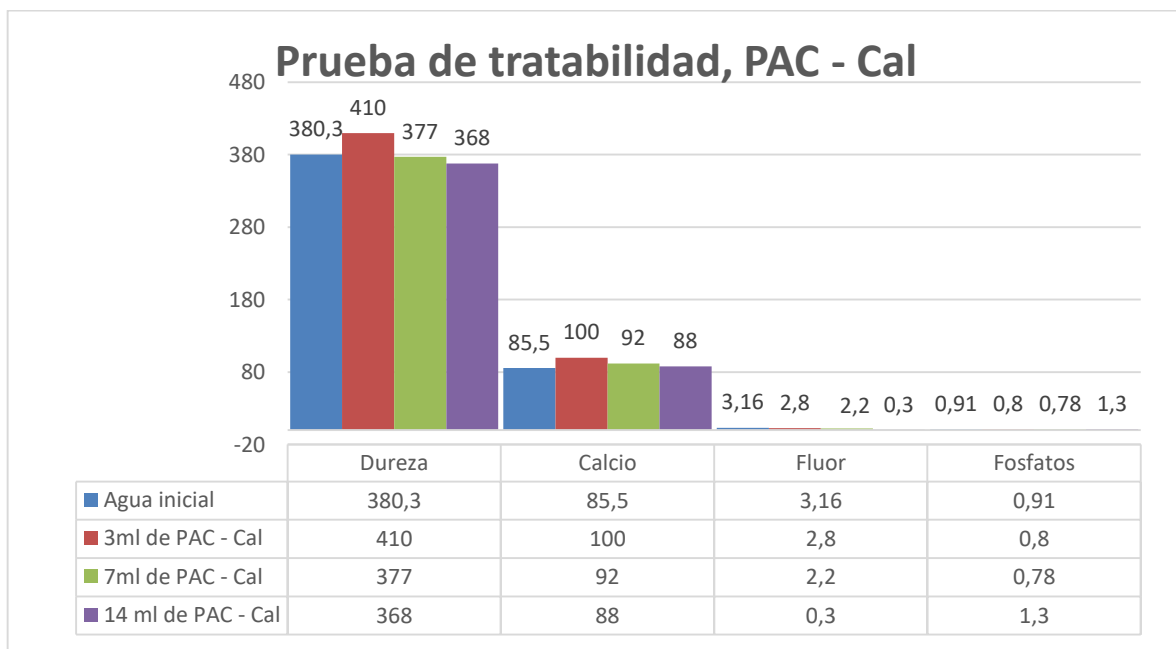
**Figura 4-3:** Tratamiento PAC-CAL  
Realizado por: Eugenio Escudero

**Tabla 7-3: Tratamiento con solución de PAC-Cal en una solución 10:1**

	Entrada	3mL de PAC – Cal	9mL de PAC - Cal	12mL de PAC - Cal
<b>Dureza</b>	380,3	410	377	368
<b>Calcio</b>	85,5	100	92	88
<b>Fosfatos</b>	0.91	0.8	0.78	0.75
<b>Flúor</b>	3.16	2.8	2.2	1.3

Realizado Por: Escudero Eugenio. 2016

Fuente: Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias



**Gráfica 5-3** Prueba de tratabilidad con PAC – Cal en una solución de 10:1

Fuente: Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

Realizado por: Eugenio Escudero

## Condiciones de operación

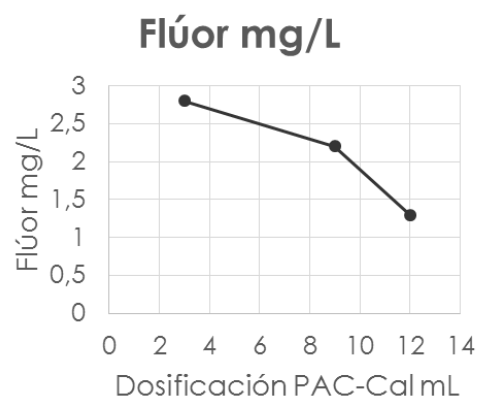
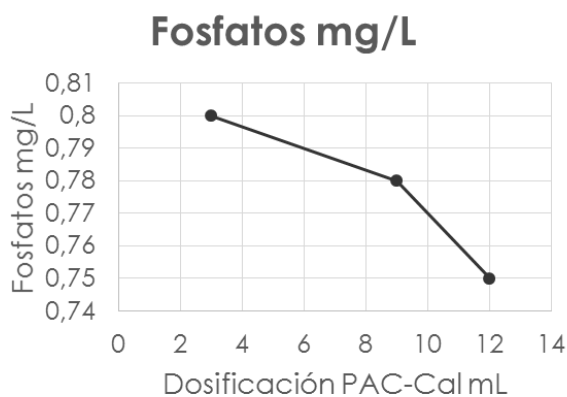
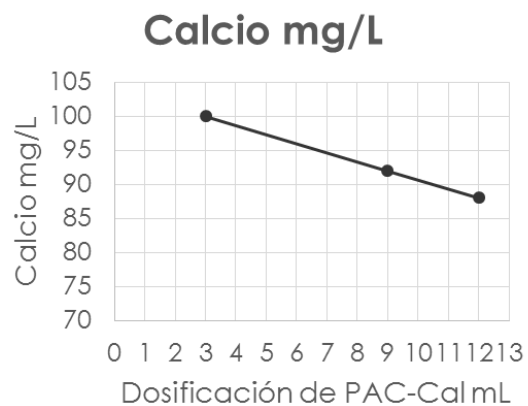
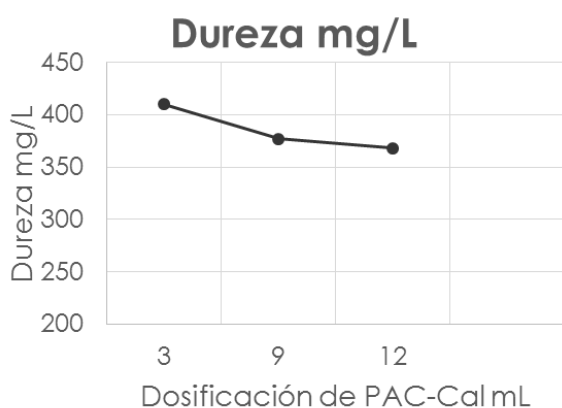
**Tabla 8-3: Condiciones de trabajo prueba de jarras PAC - Cal**

	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
<b>Mezclado rápido</b>	80	1
<b>Mezclado lento</b>	20	5
<b>Sedimentación</b>	0	30

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias

## Curvas comparativas



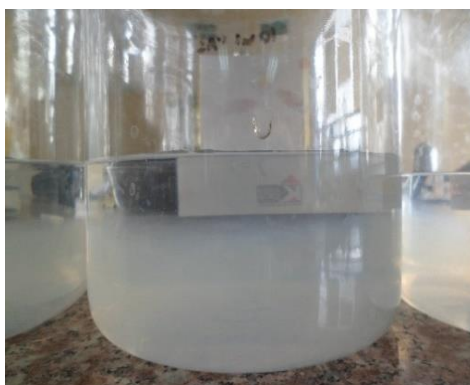
**Figura 5-3: Curvas de resultado con la prueba de jarras de PAC - Cal**

**Realizado por:** Eugenio Escudero

Las pruebas de tratabilidad al igual que la prueba anterior dieron como resultado la remoción de un solo parámetro únicamente que fue el flúor, los parámetros como la dureza, calcio y fosfatos no mostraron cambios significativos y continuaron fuera de la norma establecida tal como detalla la gráfica 5-3.

### 3.2.6.3 Prueba de jarras con carbonato de sodio y policloruro

El tratamiento con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – PAC se detalla en la TABLA para lo cual se realizó una mezcla de 2:1. Se tomó 1 gramo de PAC y 1 gramo de Carbonato de sodio, a cada uno se lo aforo a 100mL, luego se tomó 60mL de PAC y 30mL de Carbonato de sodio y se aforo a 100mL, con la mezcla final se hicieron las respectivas pruebas de tratabilidad.



**Figura 6-3:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y PAC

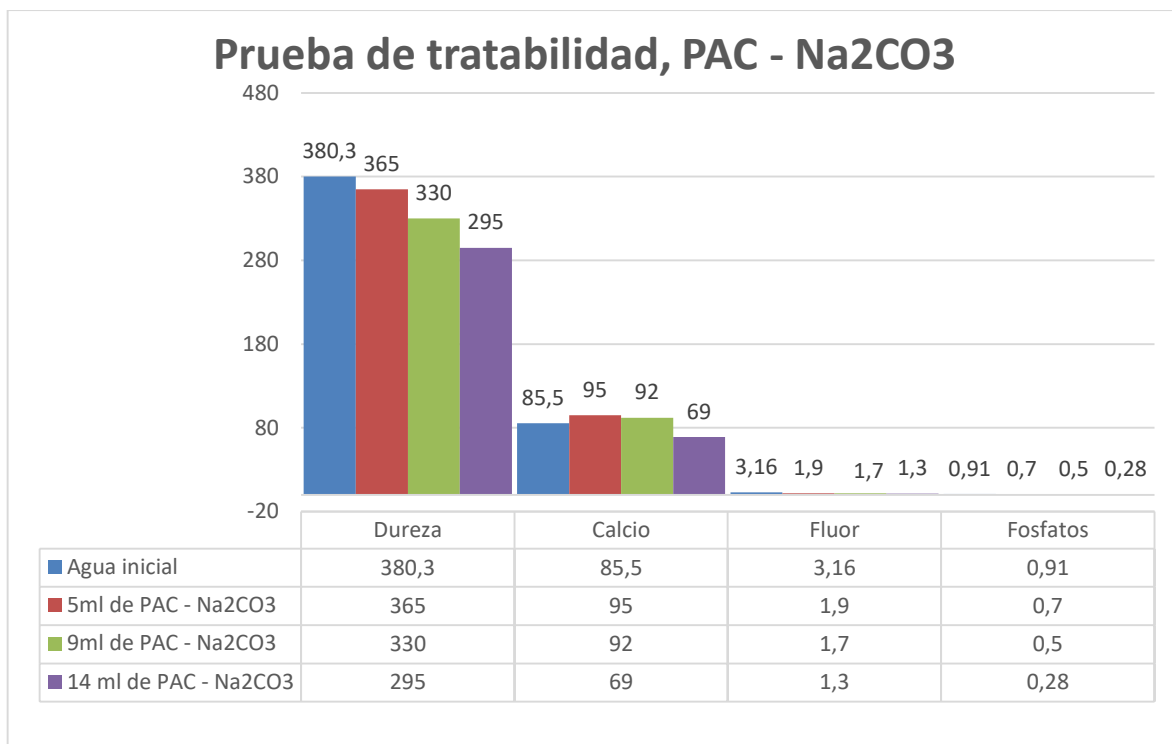
Realizado por: Eugenio Escudero

**Tabla 9-3: Tratamiento con una solución de PAC- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en una relación de 2:1 aforados a 100mL**

	Entrada	2mL de solución de $\text{PAC-Na}_2\text{CO}_3$	3mL de solución de $\text{PAC-Na}_2\text{CO}_3$	5mL de solución de $\text{PAC-Na}_2\text{CO}_3$
<b>Dureza</b>	<b>380,3</b>	<b>365</b>	<b>330</b>	<b>295</b>
<b>Calcio</b>	<b>85,5</b>	<b>95</b>	<b>92</b>	<b>69</b>
<b>Fosfatos</b>	<b>0.91</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>0.28</b>
<b>Flúor</b>	<b>3.16</b>	<b>1.9</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>

Realizado Por: Escudero Eugenio. 2016

Fuente: Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias



**Gráfica 6-3** Prueba de tratabilidad con PAC – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en una solución 1:1

**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Realizado por:** Eugenio Escudero, 2016

## Condiciones de operación

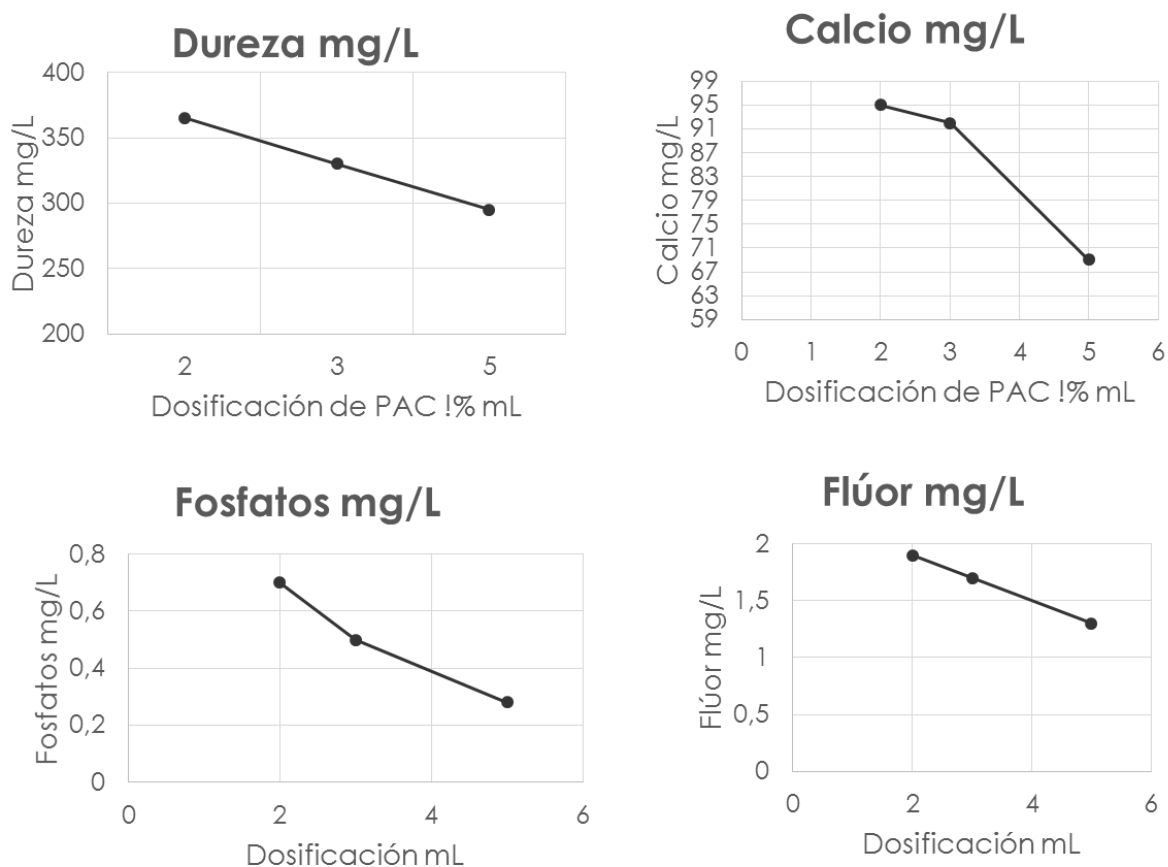
**Tabla 10-3: Condiciones de trabajo prueba de jarras PAC – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)
<b>Mezclado rápido</b>	80	1
<b>Mezclado lento</b>	20	5
<b>Sedimentación</b>	0	30

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

**Fuente:** Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias

## Curvas de comparativas



**Figura 7-3:** Curvas de resultado con la prueba de jarras de PAC – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Realizado por: Eugenio Escudero

Obtenidos los resultados de la prueba jarras se pudo observar que utilizando la solución de PAC – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> arrojaron resultados satisfactorios y removieron todos los contaminantes por la tanto es una buena opción para el tratamiento y dosificación del agua.

De acuerdo a la tratabilidad y a la exigencia de las normas INEN 1108 – 2006 para el agua potable, en las guías establecidas por la OMS, la Legislación Ambiental del Ecuador TULSMA una de las mejores opciones para tratar el agua es el Policloruro de aluminio (PAC) Y Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en relación de 2:1, con una dosificación optima de 5 mL en una muestra de 1L, tal como se describe en la Tabla 7-3 y Grafica 6-3.



### 3.2.6.4 Filtración con Zeolita

A la vez se realizó un tratamiento mediante la filtración con Zeolita, proceso en el que se evidencio una mejoría notoria en la calidad del agua cruda filtrada.

Donde se dispuso un recipiente para simular a escala la filtración en la planta, el cual se colocó la de manera ascendente arena y zeolita activada al 10% en NaCl (sal en grano) respectivamente después se colocó agua cruda hasta llenar el recipiente y se dejó pasar totalmente filtrada el agua.



**Figura 8-3:** Tratamiento con zeolita activada

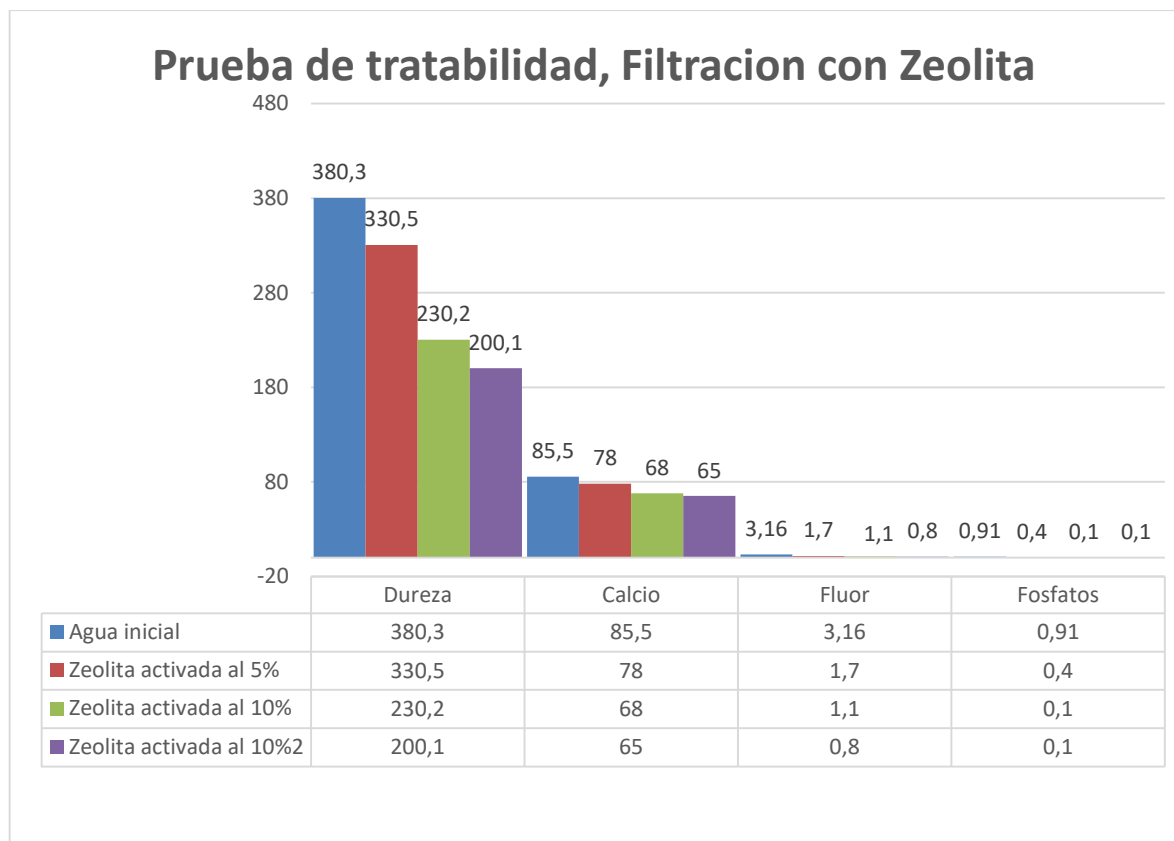
Realizado por: Eugenio Escudero

**Tabla 11-3: Tratamiento de zeolita activada al 10%**

Parámetro	Entrada	5cm de Zeolita activada con NaCl (5%)	5cm de Zeolita activada con NaCl (10%)	5cm de Zeolita activada con NaCl al (15%)
Dureza	380,	330.5	230.2	200.1
Calcio	85,5	78	68	65
Fosfatos	0.91	0.4	0.1	0.1
Flúor	3.16	1.7	1.1	0.8

Realizado por: Escudero Eugenio. 2016

Fuente: Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias



**Gráfica 7-3** Resultados de la filtración con Zeolita activada al 10%

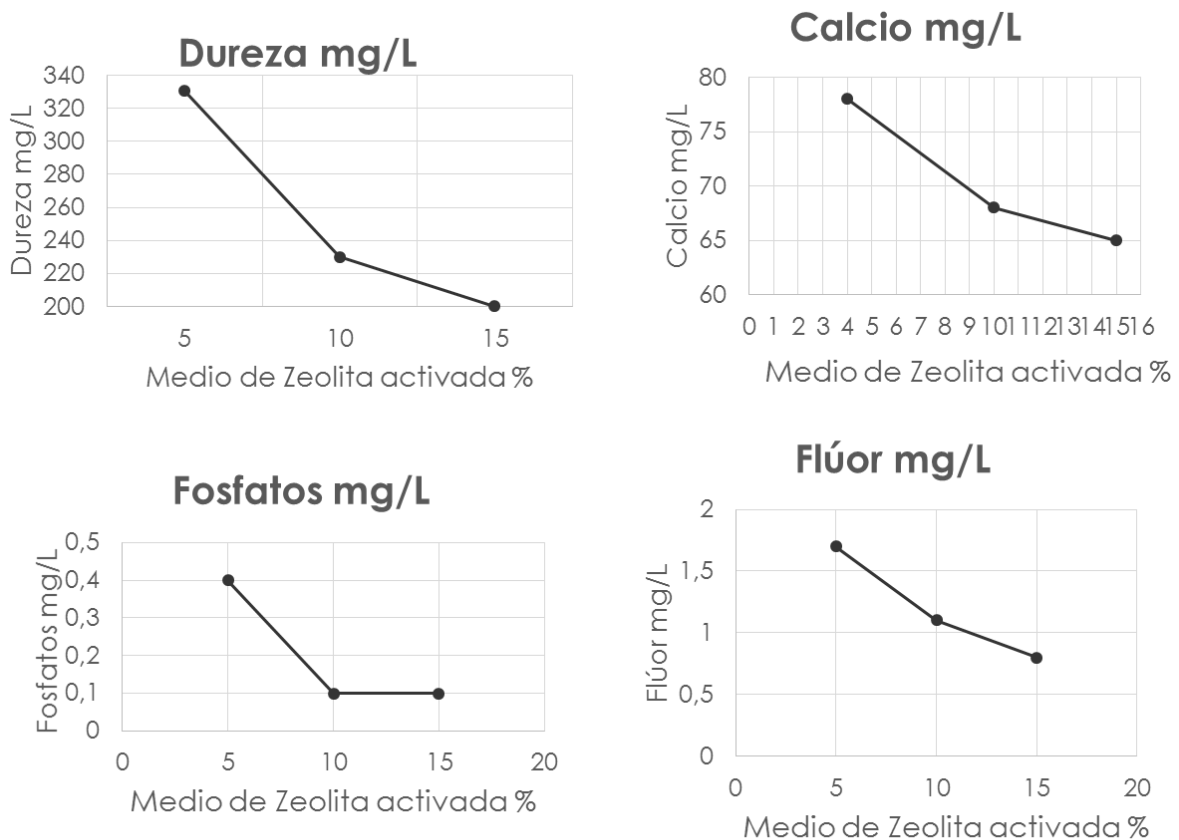
**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Realizado por:** Escudero Eugenio. 2016

### Condiciones de operación

- **Medio:** Solución de NaCl 5,10 y 15%.
- **Tiempo de activación:** 2 Horas.
- **Tiempo de lavado:** 5 minutos.
- **Espesor:** 5 cm
- **Volumen Filtrado:** 1L
- **Tiempo de Filtración:** 1 minuto

### Curvas comparativas



**Figura 9-3:** Curvas de resultado con la filtración en lecho de zeolita

Realizado por: Eugenio Escudero

Los resultados de la filtración en zeolita fueron satisfactorios y eficientes, respecto al tratamiento con la solución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-PAC}$  en el cual se cumple se llegan a cumplir las normas con un mínimo margen de error.

De acuerdo a la tratabilidad y a la exigencia de la norma INEN 1108 – 2006 para el agua potable, en las guías establecidas por la OMS, la Legislación Ambiental del Ecuador TULSMA la filtración con zeolita activada al 10% tal como se describe en la Tabla 8-3, y la Grafica 7-3.

De acuerdo con los tratamientos realizados se consideran 2 resultados de diferentes tratamientos los cuales son:

**Tabla 12-3: Resultado de los parámetros de estudio en los Tratamientos Propuestos**

Parámetros	Inicial (mg/L)	5 mL de PAC y Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Filtración con zeolita activada al 10%	Límites máximos permisibles		
				OMS	TULSMA	INEN 1108:2006
<b>Dureza</b>	380,3	295	230,2	500	500	300
<b>Calcio</b>	88,5	69	68	100	70	70
<b>Flúor</b>	3,16	1,3	1,1	1,5	1,5	1,5
<b>Fosfatos</b>	0,91	0,28	0,1	0,30	0,30	0,30

Realizado Por: Escudero Eugenio. 2016

Fuente: Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias

### Caracterización final del Agua después de los tratamientos propuestos

En base a los valores de las caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas que se realizaron a los tratamientos que resultaron óptimos y que cumplían con las normas establecidas para tratar el agua de la planta de tratamientos se plantearon dos propuestas para optimizar la potabilización del agua las cuales son:

- ✓ En el primer tratamiento que resulto efectivo se realizó con la correcta dosificación de la solución de PAC-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> para lo cual se realizó una mezcla de 2:1. Se tomó 1 gramo de PAC y 1 gramo de Carbonato de sodio, a cada uno se lo aforo a 100mL, luego se tomó 60mL de PAC y 30mL de Carbonato de sodio y se aforo a 100mL, de esta mezcla se tomó 5mL y se agregó a 1L de agua para tratarla, de esta manera todos los parámetros de interés resultaron dentro de la norma
- ✓ En el segundo tratamiento que resulto adecuado para tratar el agua, se realizó una filtración con zeolita la cual se activó con NaCl al 10% y en la cual se filtró 1L de agua.

Los valores de las características físico-químicas y microbiológicas como resultado de los análisis de las muestras respectivas de agua, de los dos tratamientos son los siguientes:

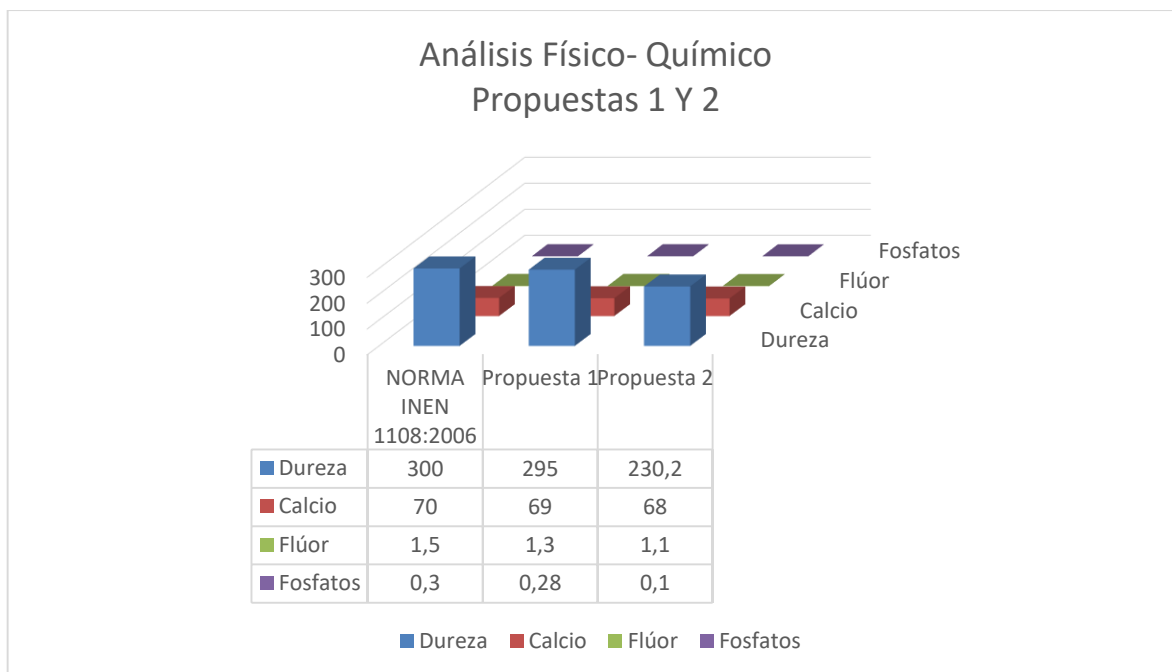
**TABLA 13- 3:** Caracterización físico-química y microbiológica, de las dos propuestas

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS			LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
		MUESTRA	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	OMS	TULSM A Tabla 1	INEN 1108:2006
Color	Und Co/Pt	1,00	1,0	0,9	15	----	<15
pH	Unidad	8,18	7,71	7,5	< 8	6 – 9	6,5 - 8,5
Conductividad	uS/cm	870	870	890	----	----	< 1250
Turbiedad	UNT	1,2	1,8	0,7	2	5	5
Cloruros	mg/L	7,8	35,7	30,1	250	250	250
Dureza	mg/L	377,0	295	230,2	<500	500	300
Calcio	mg/L	78,5	69	68	100	70	70
Magnesio	mg/L	42,5	38,1	35,1	----	----	30 - 50
Alcalinidad	mg/L	300,0	280,8	277,4	----	----	250- 300
Bicarbonatos	mg/L	309,5	270,5	240,1	----	----	-----
Sulfatos	mg/L	92,0	90,1	90,4	250	----	200
Amonios	mg/L	0,185	0,169	,0157	----	----	1,00
Nitritos	mg/L	0.008	0,081	0,007	----	1	0,01
Nitratos	mg/L	0,03	0,02	0,03	----	10	< 40
Fluoruros	mg/L	2,5	1,3	1,1	----	1,5	1,5
Fosfatos	mg/L	0,7	0,28	0,1	----	----	<0,30
Sólidos Totales	mg/L	681,0	520,1	501,2	----	----	-----
Sólidos Disueltos	mg/L	520,0	480,2	450,6	1000	1000	1000
Coliformes Totales	UFC/ 100mL	ausencia	ausencia	ausencia	----	2	<2
Coliformes Fecales	UFC/ 100mL	ausencia	ausencia	ausencia	----	2	< 2

Realizado Por: Escudero Eugenio. 2016

Fuente: Laboratorio De Análisis Técnico De La Facultad De Ciencias

PARÁMETROS DE INTERÉS
-----------------------



**Gráfica 8-3** Análisis Físico-Químico de los tratamientos propuestos

**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

**Realizado Por:** Escudero Eugenio. 2016

## Optimización

Optimización es el proceso que tiene como finalidad mejorar el sistema actual, el cual consiste en el tratamiento de las variaciones de un concepto inicial y usar la información obtenida para mejorar el mismo, para de esta manera lograr la integración de los procesos de tratamiento de agua con la rentabilidad económica y lograr los requerimientos de calidad del agua potable, conforme a las normas de calidad NTE 1 108:2006.

La optimización de procesos es fundamental para garantizar el desempeño eficiente y eficaz de las plantas de proceso, y que por medio de simulación de procesos permiten representar, evaluar y proponer acciones de mejora de procesos y equipos.

Para la optimización de la Planta de tratamiento de la Parroquia Totoras se diseñará etapas que mejorarán el proceso en base al caudal con el que la planta se encuentra trabajando actualmente ya que no se piensa incrementar el caudal porque este es suficiente para abastecer a la población de la Parroquia Totoras 15 años más, las especificaciones de la optimización deben garantizar un funcionamiento económico pero durable, tomando en

cuenta que los sistemas de tratamiento son usados por muchos años. De esta manera se presentan 2 propuestas de tratamiento en la primera se dosificará una solución de PAC- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  según el test de jarras realizado, el mismo que da las concentraciones óptimas de químico a utilizar para sedimentar, la segunda propuesta se realizara el cambio del lecho filtrante de arena silícica a un lecho combinado de arena silícica y zeolita activada al 10% en los filtros rápidos de arena. Para realizar la optimización e implementación de los nuevos sistemas y dosificación se procede a realizar cálculos de ingeniería.

#### **3.2.1.4 Cálculo de la población futura**

$$N_t = N_o \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^t$$

**Ec. (1-3)**

**Dónde:**

**No:** Población Actual: 3102 habitantes dado por la Junta Administradora de Agua de la parroquia Totoras

**r:** Tasa de crecimiento anual: 2.48 % según el INEC

**t:** Tiempo de diseño: 20 años

$$N_t = 3102 \left( 1 + \frac{2.48}{100} \right)^{20}$$

$$N_t = 5063,19 \text{ habitantes}$$

#### **3.2.1.5 Cálculo de la Dotación Básica**

$$DB = \frac{Vac}{Tus}$$

**Ec. (2-3)**

**Dónde:**

**Vac:** Volumen de agua consumida:  $9135 \frac{\text{m}^3}{\text{mes.}}$  referenciado por la Junta Administradora de Agua de la parroquia Totoras

**Tus:** Total de usuarios servidos: 522 referenciado por la Junta Administradora de Agua de la parroquia Totoras

\*Apreciación de cada usuario representa a 7 habitantes.

$$\mathbf{DB} = \frac{9135}{522}$$

$$\mathbf{DB} = 17,5 \frac{\text{m}^3}{\text{mes. usuar.}} * \frac{1000\text{lt}}{1\text{m}^3} * \frac{1\text{mes}}{30 \text{ dias}} * \frac{1 \text{usr.}}{5 \text{ hab.}}$$

$$\mathbf{DB} = 83,33 \frac{\text{L}}{\text{hab. dia}}$$

Según el SENAGUA la dotación óptima para estos sistemas es de 75 L/hab.día el resultado actual sobrepasa la norma establecida pero está dentro de los parámetros establecidos, se podría acotar que esta leve sobreproducción asegura aún más el abastecimiento en requerimientos emergentes.

#### **3.2.1.6 Dotación Futura**

$$\mathbf{DF=FM \times DB}$$

**Ec. (3-3)**

**DÓNDE:**

**FM:** Factor de Mayorización (adimensional) (1,25)



**DB:** Dotación Básica:  $75 \frac{lt}{hab.dia}$

- Dotación futura

$$DF = FM * DB$$

$$DF = 1,25 * 83,33$$

$$DF = 104,17 \frac{L}{hab.dia}$$

### 3.2.1.7 Cálculo del Consumo Medio Diario (*cmd*)

$$cmd = \frac{q \times N}{86400}$$

*Ec. (4-3)*

**Dónde:**

**N:** Población futura: **5063,19** hab.

**q:** Dotación Percápita Máxima:  $93,75 \frac{lt}{hab.dia}$

**86400:** Segundos/ días, s/d

$$cmd = \frac{104,17 \times 5063,19}{86400}$$

$$cmd = 6,10 \frac{L}{seg}$$

### 3.2.1.8 Cálculo del Consumo Máximo Diario (CMD)

$$\text{CMD} = k \times \text{cmd}$$

*Ec. (5-3)*

**Dónde:**

**k:** Coeficiente de Variación diaria: 1.300 dado por el gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Totoras

**cmd:** Consumo Medio Diario:  $6,10 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$

$$\text{CMD} = 1.300 \times 6,10$$

$$\text{CMD} = 7,94 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$$

### 3.2.1.9 Cálculo del Consumo Máximo Horario (CMH)

$$\text{CMH} = k_2 \times \text{CMD}$$

*Ec. (6-3)*

**Dónde:**

**K<sub>2</sub>:** Coeficiente de Variación Horaria, Adimensional: 1.600 dado por el gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Totoras

**CMD:** Consumo Máximo Diario:  $7,14 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$

$$\text{CMH} = 1.600 \times 7,94$$

$$\text{CMH} = 12,7 \frac{\text{L}}{\text{seg}}$$

### 3.2.1.10 *Cálculo del caudal de optimización*

#### **Cálculo del caudal de captación**

$$(Q_{\text{Captacion}}, \frac{L}{\text{seg}})$$

*Ec. (7-3)*

$$Q_{\text{Captacion}} = k3 * CMD$$

**Dónde:**

$K3 = 1,500$  proporcionado por el gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Totoras

$CMD = \text{Consumo Máximo Diario: } 7,14 \frac{L}{\text{seg}}$

$$Q_{\text{Captacion}} = 1,500 * 7,14$$

$$Q_{\text{Captacion}} = Q_{\text{Cond.}} = 11,91 \frac{L}{\text{seg}}$$

El valor del caudal de captación obtenido mediante cálculo es de 11,91 L/seg que es menor en 0,09 L/seg pero aproximado al caudal con el que actualmente funciona la planta que es de 12 L/seg, por lo que se considera que no es necesario diseñar un nuevo tanque de captación del agua.

### 3.2.1.11 *Cálculos de ingeniería para Propuesta 1 (Dosificación)*

En las pruebas de jarras el mejor tratamiento para la potabilización de agua de la parroquia Totoras es mediante la utilización de la solución de PAC- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  como se explica en las pruebas de tratabilidad antes mencionadas, para lo cual se realizó una mezcla de 2:1 con una dosis óptima de 5mL.

#### **Calculo de la concentración de Policloruro de Aluminio (PAC)**

*Concentración de PAC en la solución 2:1*

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

*Ec. (8-3)*

**Donde:**

**C1** =Concentracion del PAC al 1%, g/mL

**C2** =Concentracion de PAC en la solución 2:1 (gr/mL)

**V1** =Volumen de PAC al 1% (mL)

**V2** =Volumen de la solución 2:1 Aforada

$$C2 = \frac{C1 * V1}{V2}$$

$$C2 = \frac{0,01 * 60}{100}$$

$$C2 = 0,006 \frac{g}{mL}$$

*Concentración de PAC en la dosificación optima*

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

***Ec. (9-3)***

**Donde:**

**C1** =Concentracion del PAC de la solución 2:1, g/mL

**C2** =Concentracion de PAC en la dosificación optima, mL

**V1** =Volumen de la dosificación optima mL

**V2** =Volumen de agua cruda, L

$$C2 = \frac{C1 * V1}{V2}$$

$$C2 = \frac{0,006 * 5}{1}$$

$$C2 = 0,03 \text{ g/L}$$

*Calculo del consumo de policloruro de aluminio (PAC) al día}*

$$W1 = C2 * Q \text{ captacion}$$

***Ec. (10-3)***

**Donde:**

**W1**=Consumo de PAC (kg/dia)

**C2**= Concentración de PAC (g/L)

**Q**= Caudal de captación (L/s)

$$W1 = 0,03 \frac{g}{L} * 12 \frac{L}{s}$$

$$W1 = \frac{0,36g}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{24h}{1dia} * \frac{1kg}{1000g}$$

$$W1 = 31,10 \frac{kg \text{ de PAC}}{día}$$

### Calculo de la concentración de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

*Concentración de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en la solución 2:1*

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

**Ec. (11-3)**

**Donde:**

**C1** =Concentracion del Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 1% (g/mL)

**C2** =Concentracion de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en la solución 2:1 (gr/mL)

**V1** =Volumen de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 1%

**V2** =Volumen de la solución 2:1 Aforada (mL)

$$C2 = \frac{C1 * V1}{V2}$$

$$C2 = \frac{0,01 * 30}{100}$$

$$C2 = 0,003 \frac{g}{mL}$$

*Concentración de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en la dosificación optima*

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

***Ec. (12-3)***

**Donde:**

**C1** =Concentracion del Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> de la solución 2:1, g/mL

**C2** =Concentracion de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en la dosificación optima, mL

**V1** =Volumen de la dosificación optima mL

**V2** =Volumen de agua cruda, L

$$C2 = \frac{C1 * V1}{V2}$$

$$C2 = \frac{0,003 * 5}{1}$$

$$C2 = 0,015 \text{ g/L}$$

*Calculo del consumo de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al día.*

$$W1 = C2 * Q \text{ captacion}$$

***Ec. (13-3)***

**Donde:**

**W1**=Consumo de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (kg/día)

**C2**= Concentración de NaCO<sub>3</sub> (g/L)

**Q**= Caudal de captación (L/s)

$$W1 = 0,015 \frac{g}{L} * 12 \frac{L}{s}$$

$$W1 = \frac{0,18g}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{24h}{1dia} * \frac{1kg}{1000g}$$

$$W1 = 15,55 \frac{kg \text{ de } Na_2CO_3}{día}$$

### 3.2.1.12 Cálculos de ingeniería para aplicar la propuesta 2

#### Filtro rápido de arena

La planta cuenta con 2 filtros rápidos de arena que abastecen el caudal actual y futuro por lo que no es necesario aumentar ni dimensionar nuevamente los filtros, en los mismos se realizara el cambio en la composición del lecho filtrante para lo cual se realizan los siguientes cálculos.

#### Espesores de cada capa

**Tabla 14-3:** Espesor de la grava y del medio en filtros rápidos de arena

Característica	Espesor (m)
Profundidad de la grava	0,30 -0,45
Profundidad del medio filtrante	0,60 – 0,75

**Fuente:** ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Filtración

**Elaborado por:** Eugenio Escudero 2016

**Tabla15-3: Espesores actuales del filtro**

Características		Espesor (m)
Profundidad de la grava		0.30
Profundidad del medio filtrante	Arena silica	0,70

**Fuente:** Junta administradora de agua potable Totoras

**Realizado por:** Eugenio Escudero 2016



**Tabla16-3: Espesores propuestos para el filtro**

Características		Espesor (m)	
Profundidad de la grava		0,30	
Profundidad del medio filtrante	Arena silica	0,30	0,70
	Zeolita	0,40	

Fuente: Junta administradora de agua potable Totoras

Realizado por: Eugenio Escudero 2016

### Calculo del volumen ocupado por la Zeolita

$$V_z = l_f a_f e_m$$

*Ec. (14-3)*

**Donde:**

V<sub>z</sub>= Volumen de zeolita

l<sub>f</sub>= Longitud del filtro

a<sub>f</sub>= Ancho del filtro

e<sub>m</sub>= Espesor del medio filtrante

$$V_z = 3 * 3 * 0,4$$

$$V_z = 3,6 \text{ m}^3$$

### Masa necesaria de zeolita

$$\rho_z = \frac{m_z}{V_z}$$

*Ec. (15-3)*

**Donde:**

$\rho_z$ = Densidad de la zeolita 1069,44Kg/m<sup>3</sup>

M<sub>z</sub>= Masa de la zeolita kg

V<sub>z</sub>= Volumen de la zeolita m<sup>3</sup>

$$1069,44 = \frac{m_z}{3,6}$$

$$m_z = 3849,99 \approx 3850 \text{ Kg}$$

**Volumen de solución de NaCl para la activación de la zeolita**

$$V_s = l_f a_f e_{mg}$$

***Ec. (16-3)***

**Donde:**

V<sub>s</sub>= Cantidad de solución

l<sub>f</sub>= Longitud del filtro

a<sub>f</sub>= Ancho del filtro

e<sub>mg</sub>= Espesor del medio y grava filtrante

$$V_s = 3 * 3 * 1,0$$

$$V_s = 9 \text{ m}^3$$

### Masa Requerida de NaCl para preparar la solución al 10% en 9000 L

$$\begin{array}{ccc} 0,1\text{Kg NaCl} & \begin{array}{c} \swarrow \searrow \\ \nwarrow \nearrow \end{array} & X \\ 1\text{L} & & 9000\text{L} \\ ms = 900\text{Kg} & & \end{array}$$

Se recomienda un tiempo de activación en la solución de NaCl al 10% de 2 horas

### Dureza eliminada por la Zeolita en un año

Se sabe según las pruebas de tratabilidad realizadas en El Laboratorio De Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias que la zeolita elimina 150,1 mg/L de dureza del agua de estudio, entonces se multiplica por el caudal y se obtiene:

$$150 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * 12 \frac{\text{L}}{\text{s}} = De = 1801,2 \frac{\text{mg}}{\text{s}} \cong 0,00180 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cong 155,62 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} \cong \frac{56024,52 \text{ kg}}{\text{año}}$$

### Capacidad de eliminación de dureza por el lecho propuesto de zeolita

“Se sabe que cada 1m<sup>3</sup> de zeolita tiene la capacidad de eliminar 700kg de dureza” (BVSDE, Paho, Capítulo V, Zeolitas, 2015., Pp: 51)

$$C_{ad} = C_{az} V_z$$

**Ec. (17-3)**

**Donde:**

$C_{ad}$  = Capacidad de eliminación total del volumen de zeolita (kg)

$C_{az}$  = Capacidad de eliminación de la dureza por m<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>)

$V_z$  = Volumen de zeolita (m<sup>3</sup>)

$$C_{ad} = 700 * 3,6$$

$$C_{ad} = 2520 \text{ kg de dureza eliminada por los } 3,6 \text{ m}^3 \text{ de zeolita}$$

### **Regeneraciones necesarias**

**Donde:**

**Rn**= Regeneraciones necesarias

**De**= Dureza eliminada (kg/año)

**Cad**= Capacidad de eliminación total de la zeolita (kg)

$$Rn = \frac{D_e}{C_{ad}}$$

**Ec. (18-3)**

$$Rn = \frac{56024,52}{2520}$$

$$Rn = 22,23 \frac{\text{regeneraciones}}{\text{año}} \cong 1,85 \frac{\text{regeneraciones}}{\text{mes}} \cong 2$$

Lo que da como resultado que se debe regenerar la capacidad de adsorción de la zeolita cada 15 días

**Velocidad de filtración real (VR) para este cálculo se aplica**

$$VR = \frac{Q}{2 * Z_f * a_f}$$

**Ec. (19-3)**

**Donde:**

**Q**= Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**Z<sub>f</sub>**=Altura del filtro (m)

**a<sub>f</sub>**=Ancho del filtro (m)

$$VR = \frac{0.011}{2 * 3 * 3}$$

$$VR = 6,11 * 10^{-4} \text{m/s}$$

$$VR = 0,611 \text{mm/s}$$

### **Velocidad óptima del lavado**

Se requiere el tamaño efectivo del medio y el coeficiente de uniformidad que se obtiene de la siguiente tabla 13-3 y 14-3

**Tabla 17-3** Medio filtrante Arena

Medio filtrante de arena limpia	
TE	0,35- 0,70 mm
CU	1,3- 1,7 preferentemente < 1,5

**Fuente:** ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices  
**Realizado por:** Eugenio Escudero 2016

**Tabla 18-3:** Medio filtrante promedio

Medio Filtrante Zeolita			
Tipo	1	2	promedio
TE	0,2	0,66	0,53
CU	1,5	1,9	1,7

**Fuente:** <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexico/02289e08.pdf>  
**Realizado por:** Eugenio Escudero 2016

$$v_1 = CU * TE$$

***Ec. (20-3)***

**Donde:**

CU= Coeficiente de uniformidad (m)

TE= Tamaño efectivo

$$v_1 = 1,7 * 0,53$$

$$v_1 = 0,901 \text{ m/min}$$

**Cantidad de agua para el lavado del filtro**

Esto se determina para el cálculo del volumen de agua, es recomendable que el tiempo de lavado no sea menor a los 10 min, para este acaso se toma 15 min y utilizamos la siguiente:

$$V_{CL} = v_1 A_f t_1$$

***Ec. (21-3)***

**Donde:**

VCL= Cantidad de agua para lavar el filtro (m3)

V1= Velocidad optima de lavado del filtro (m/min)

Af= Área de filtración (m2)

t1= Tiempo de lavado (min)

$$V_{CL} = 0,901 * 9 * 11$$

$$V_{CL} = 89,199 \text{ m}^3$$

### **Cálculos para determinación de características de la bomba**

*Cálculo de la altura dinámica total*

$$ADT = h_i - h_s + \left[ \frac{P_i - P_s}{\rho g} \right] + [H_{fi} + H_{fs}]$$

**Ec. (22-3)**

**DÓNDE:**

**ADT** = Altura dinámica total (m)

**hi** = Altura estática de impulsión (m)

**hs** = Altura estática de succión (m)

**Pi** = Presión presente en la impulsión (Pa)

**Ps** = Presión presente en la succión (Pa)

**ρ** = Densidad del fluido (Kg/m³)

**g** = Gravedad (m/s²)

**Hfi** = Pérdidas de carga en la línea de impulsión (m)

**Hfs** = Pérdidas de carga en la línea de succión (m)

*Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión*

$$H_{fi} = h_{fi} + h_{mi}$$

**Ec. (23-3)**

**DÓNDE:**

**H<sub>fi</sub>** = Pérdidas de carga en la línea de impulsión (m)

**h<sub>fi</sub>** = Pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión (m)

**h<sub>mi</sub>** = Pérdidas de carga por accesorios en la línea de impulsión (m)

*Cálculo de las pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión*

$$h_{fi} = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

**Ec. (24-3)**

**DÓNDE:**

**h<sub>f</sub>** = Pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión (m)

**f** = Coeficiente de fricción

**L** = Longitud de la línea de impulsión (m)

**D** = Diámetro tubería de impulsión (m)

**v** = Velocidad del fluido en la línea de impulsión (m/s)

**g** = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

**Consideraciones:**

**Tabla 19-3: Características del fluido y sistema**

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal	100	gl/min
	22,71	m <sup>3</sup> /h
Densidad del fluido (T = 14,5 °C)	999,4	Kg/ m <sup>3</sup>



Viscosidad Dinámica (T = 14,5 °C)	1,236 x 10 <sup>-3</sup>	Kg/ms
<b>Línea de impulsión</b>		
Diámetro Nominal	2	plg
Diámetro Interno	69,4	mm
	0,0694	m
<b>PVC</b>		
Rugosidad Absoluta	1,5 x 10 <sup>-6</sup>	m

Fuente: ROMERO, J. A. Purificación del Agua. Apéndices  
Realizado por: Eugenio Escudero 2016

*Cálculo del Número de Reynolds ( $N_{RE}$ )*

$$N_{RE} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

**Ec. (25-3)**

**DÓNDE:**

$\rho$  = Densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = Velocidad del fluido en la línea de impulsión (m/s)

$D$  = Diámetro tubería de impulsión (m)

$\mu$  = Viscosidad dinámica del fluido

$$N_{RE} = \frac{(999,4)(2,9)(0,0694)}{(1,236 \times 10^{-3})}$$

$$N_{RE} = 1,627 \times 10^5 \geq 2400 \text{ Flujo turbulento}$$

*Cálculo de la Rugosidad Relativa (R.R.)*

$$R. R. = \frac{\varepsilon}{D}$$

**Ec. (26-3)**

**DÓNDE:**

$\varepsilon$  = Rugosidad Absoluta (m)

**D** = Diámetro tubería impulsión (m)

$$R.R. = \frac{1,5 \times 10^{-6}}{0,0694}$$

$$R.R. = 2,161 \times 10^{-5} \text{ m}$$

*Determinación del coeficiente de fricción (f)*

$$\text{Diagrama de Moody} \begin{cases} N_{RE} = 1,627 \times 10^5 \\ R.R. = 2,161 \times 10^{-5} \text{ m} \end{cases}$$

$$f = 0,0161$$

*Pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión*

$$h_{fi} = (0,0161) \left( \frac{11,20}{0,0694} \right) \left( \frac{2,9^2}{2 \times 9,8} \right)$$

$$h_{fi} = 1,115 \text{ m}$$

*Cálculo de las pérdidas de carga por accesorios en la línea de impulsión*

$$h_{mi} = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

**Ec. (27-3)**

**DÓNDE:**

$h_{mi}$  = Pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión (m)

$k = C$

$L$  = Longitud de la línea de impulsión (m)

$D$  = Diámetro tubería de impulsión (m)

$v$  = Velocidad del fluido en la línea de impulsión (m/s)

$g$  = Gravedad ( $m/s^2$ )

**Consideraciones:**

Accesorio	Cantidad	K (Constante de Accesorio)	Total
Codo de 90°	3	0,90	2,7
Válvula check	1	2,5	2,5
<b>Total</b>			<b>5,2</b>

$$h_{mi} = 5,2 \left( \frac{2,9^2}{2 \times 9,8} \right)$$

$$h_{mi} = 2,231 \text{ m}$$

*Pérdidas de carga en la línea de impulsión*

$$H_{fi} = h_{fi} + h_{mi}$$

$$H_{fi} = (1,115 + 2,231)$$

$$H_{fi} = 3,346 \text{ m}$$

*Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de succión*

$$H_{fs} = h_{fs} + h_{ms}$$

**Ec. (28-3)**

**DÓNDE:**

**H<sub>fs</sub>** = Pérdidas de carga en la línea de succión (m)

**h<sub>fs</sub>** = Pérdidas de carga por fricción en la línea de succión (m)

**h<sub>ms</sub>** = Pérdidas de carga por accesorios en la línea de succión (m)

*Cálculo de las pérdidas de carga por fricción en la línea de succión*

$$h_{fs} = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

**Ec. (29-3)**

**DÓNDE:**

**h<sub>fs</sub>** = Pérdidas de carga por fricción en la línea de succión (m)

**f** = Coeficiente de fricción

**L** = Longitud de la línea de succión (m)

**D** = Diámetro tubería de succión (m)

**v** = Velocidad del fluido en la línea de succión (m/s)

**g** = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

**Consideraciones:**

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal	100	gl/min
	22,71	m <sup>3</sup> /h
Densidad del fluido (T = 14,5 °C)	999,4	Kg/ m <sup>3</sup>
Viscosidad Dinámica (T = 14,5 °C)	1,236 x 10 <sup>-3</sup>	Kg/ms
<b>Línea de succión</b>		
Diámetro Nominal	2 1/2	plg
Diámetro Interno	57,3	mm
	0,0573	m
<b>PVC</b>		
Rugosidad Absoluta	1,5 x 10 <sup>-6</sup>	m

*Cálculo del Número de Reynolds ( $N_{RE}$ )*

$$N_{RE} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

***Ec. (30-3)***

**DÓNDE:**

$\rho$  = Densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = Velocidad del fluido en la línea de succión (m/s)

$D$  = Diámetro tubería de succión (m)

$\mu$  = Viscosidad dinámica del fluido

$$N_{RE} = \frac{(999,4)(2)(0,0573)}{(1,236 \times 10^{-3})}$$

$$N_{RE} = 9,266 \times 10^4 \geq 2400 \text{ Flujo turbulento}$$

*Cálculo de la Rugosidad Relativa (R.R.)*

$$R.R. = \frac{\varepsilon}{D}$$

*Ec. (31-3)*

**DÓNDE:**

$\varepsilon$  = Rugosidad Absoluta (m)

**D** = Diámetro tubería de succión (m)

$$R.R. = \frac{1,5 \times 10^{-6}}{0,0573}$$

$$R.R. = 2,618 \times 10^{-5} \text{ m}$$

*Determinación del coeficiente de fricción (f)*

$$\text{Diagrama de Moody} \begin{cases} N_{RE} = 9,266 \times 10^4 \\ R.R. = 2,618 \times 10^{-5} \text{ m} \end{cases}$$

$$f = 0,0181$$

*Pérdidas de carga por fricción en la línea de succión*

$$h_{fs} = (0,0181) \left( \frac{3}{0,0573} \right) \left( \frac{2^2}{2 \times 9,8} \right)$$

$$h_{fs} = 0,193 \text{ m}$$

*Cálculo de las pérdidas de carga por accesorios en la línea de succión*

$$h_{ms} = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

**Ec. (32-3)**

**DÓNDE:**

**h<sub>ms</sub>** = Pérdidas de carga por fricción en la línea de succión (m)

**k** = Constante de los accesorios

**L** = Longitud de la línea de succión (m)

**D** = Diámetro tubería de succión (m)

**v** = Velocidad del fluido en la línea de succión (m/s)

**g** = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

**Consideraciones:**

Accesorio	Cantidad	K (Constante de Accesorio)	Total
Unión	1	0,04	0,04
Codo de 90°	1	0,90	0,90
<b>Total</b>			<b>0,94</b>

$$h_{ms} = 0,94 \left( \frac{2^2}{2 \times 9,8} \right)$$

$$h_{ms} = 0,192 \text{ m}$$

*Pérdidas de carga en la línea de impulsión*

$$H_{fs} = h_{fs} + h_{ms}$$

$$H_{fs} = (0,193 + 0,192)$$

$$H_{fs} = 0,385 \text{ m}$$

*Altura dinámica total*

$$ADT = h_i - h_s + \left[ \frac{P_i - P_s}{\rho g} \right] + [H_{fi} + H_{fs}]$$

$$h_i - h_s = 5,7 - (-1,5) = 7,2 \text{ m}$$

$$\left[ \frac{P_i - P_s}{\rho g} \right] = \frac{(6,667 \times 10^4) \frac{\text{Kgm}}{\text{m}^2 \text{s}^2}}{999,4 \times 9,8 \frac{\text{Kg m}}{\text{m}^3 \text{s}^2}} = -0,011 \text{ m}$$

$$[H_{fi} + H_{fs}] = 3,346 + 0,385 = 3,731 \text{ m}$$

$$ADT = 7,2 - 0,011 + 3,731$$

$$ADT = 10,92 \text{ m}$$

*Calculo de la potencia y eficiencia de la bomba.*

**Tabla 20-3: Características del fluido y sistema para el uso de cartas**

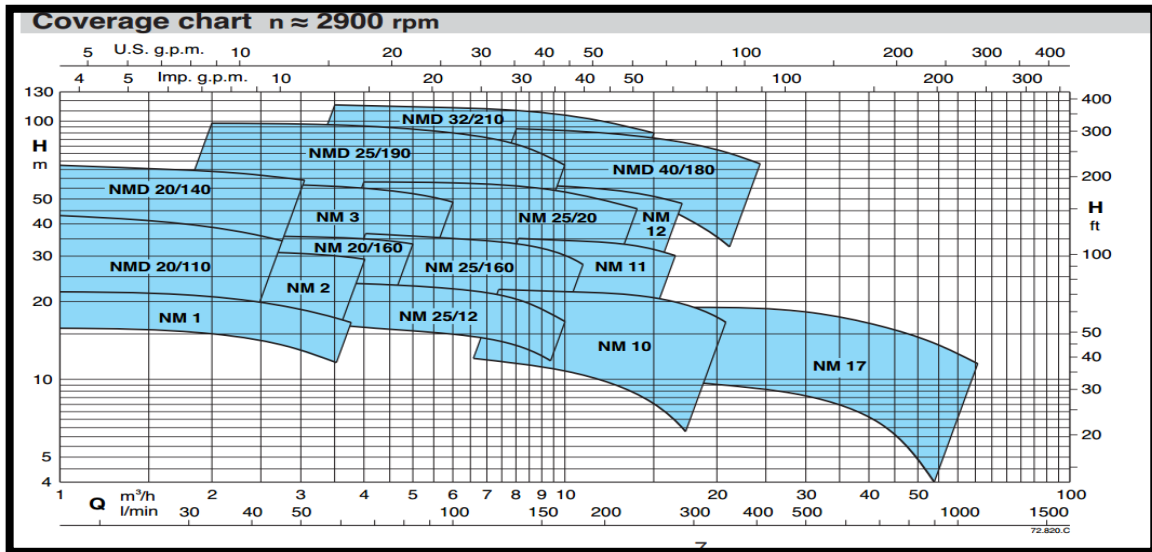
Parámetro	Valor	Unidad
Caudal	<b>100</b>	<b>gl/min</b>
	<b>22,71</b>	<b>m³/h</b>
Densidad del fluido (T = 14,5 °C)	999,4	Kg/ m³
Viscosidad Dinámica (T = 14,5 °C)	1,236 x 10 <sup>-3</sup>	Kg/ms
Línea de succión		
Diámetro Nominal	2 1/2	plg
Diámetro Interno	57,3	mm
	0,0573	m
PVC		
Rugosidad Absoluta	1,5 x 10 <sup>-6</sup>	m

**Realizado por:** Eugenio Escudero 2016

**Fuente:** [www.ehu.eus/biomoleculas/agua/agua.htm](http://www.ehu.eus/biomoleculas/agua/agua.htm)



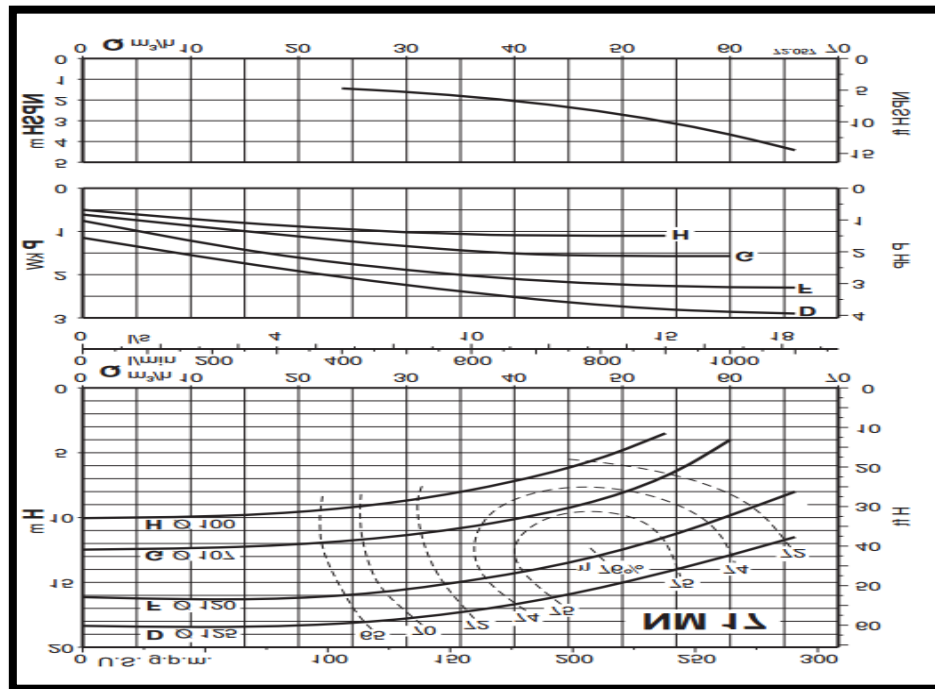
- Con los datos recolectados se procede a leer las siguientes cartas



**Figura 10-3:** Cartas calpeda para determinar la potencia y eficiencia de una bomba

Fuente: [http://www.calpeda.com/system/products/catalogue\\_60hzs/40/en/NCE\\_GF\\_60HZ\\_AM\\_2016.pdf?1465895761](http://www.calpeda.com/system/products/catalogue_60hzs/40/en/NCE_GF_60HZ_AM_2016.pdf?1465895761)

Realizado por: Eugenio Escudero



**Figura 11-3:** Cartas calpeda para halar la potencia y eficiencia de una bomba.

Fuente: [http://www.calpeda.com/system/products/catalogue\\_60hzs/40/en/NCE\\_GF\\_60HZ\\_AM\\_2016.pdf?1465895761](http://www.calpeda.com/system/products/catalogue_60hzs/40/en/NCE_GF_60HZ_AM_2016.pdf?1465895761)

Realizado por: Eugenio Escudero

- Como resultado de su lectura se tiene que se necesita una bomba de 1,5 hp con una eficiencia del 75%.

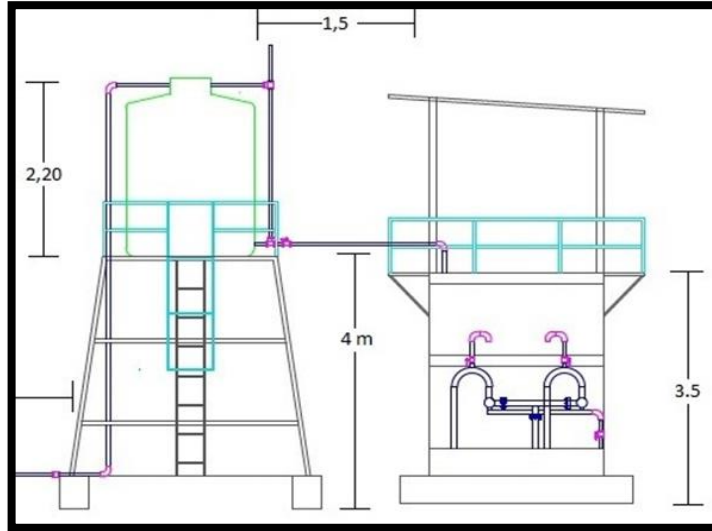
### **Tanque elevado para la solución de NaCl 10%\**

#### *Consideraciones*

- Tanque rotoplast para almacenamiento de químicos
- Dimensiones: 3,10 x 2,20 m
- Volumen: 10 m<sup>3</sup>
- Torre metálica
- Sistema de tuberías y bombeo
- Tubería PVC de 2,5 plg
- Alimentación de la solución a los filtros por presión del tanque.

#### *Referencia de presión al tanque*

- 10,33 metro de columna de agua (mca) = 1 atmosfera de presión.
- 2 mca = 0,194 atm.
- 1 mca = 0,097 atm.
- Valores aproximados para la solución.



**Figura 12-3:** Tanque de solución NaCl para la activación de zeolita.  
Realizado por: Eugenio Escudero

## Resultados

### 3.2.1.13 *Resultados para la optimización*

Son variables que pueden afectar o intervenir en el proceso a realizar, para eso se considera las siguientes:

**Tabla 21-3** Resultados para la optimización

Parámetro	Ecuación	Símbolo	Valor	Unidad
<b>Población Futura</b>	$N_t = N_o \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$	$N_f$	5063,19	hab
<b>Dotación básica</b>	$DB = \frac{V_{ac}}{T_{us}}$	$DB$	83,33	$\frac{L}{hab. dia}$
<b>Dotación futura</b>	$DF = FM * DB$	$DF$	104,17	$\frac{L}{hab. dia}$
<b>Consumo medio diario</b>	$cmd = \frac{q * N_t}{86400}$	$cmd$	6,10	L/s

<b>Consumo máximo diario</b>	$CMD = k * cmd$	$CMD$	7,94	$L/s$
<b>Consumo máximo horario</b>	$CMH = k2 * CMD$	$CMH$	12,7	$L/s$
<b>Caudal de captación</b>	$Q_{captacion} = k3 * CMD$	$Q_{captación}$	11,91	$L/s$

Realizado por: Eugenio Escudero 2016

### 3.2.1.14 Cálculos de la propuesta uno

La dosificación propuesta que se va utilizar en el sistema de tratamiento de agua potable de la Parroquia Totoras es de 31,10 kg de PAC al día y 15,55 de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al día como se muestra a continuación.

**Tabla 22-3** Resultados de la dosificación optima

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
<b>Concentración de PAC en la solución 2:1</b>			
Concentración de PAC al 1%	C1	0,01	g/mL
Volumen de PAC al 1%	V1	60	mL
Volumen de la solución 2:1 aforada	V2	100	mL
Concentración de PAC en la solución 2:1	C2	0,006	g/mL
<b>Concentración de PAC en la dosificación optima</b>			
Concentración de PAC en la solución de 2:1	C1	0,006	g/mL
Volumen de la dosificación optima	V1	5	mL
Volumen de agua cruda	V2	1	L
Concentración de PAC en la dosificación optima	C2	0,03	g/mL
Consumo de PAC al día	W1	31,10	Kg de PAC/día

<b>Concentración del Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en la solución 2:1</b>			
Concentración de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> al 1%	C1	0,01	g/mL
Volumen de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> al 1%	V1	30	mL
Volumen de la solución 2:1 aforada	V2	5	mL
Concentración de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> en la solución 2:1	C2	0,003	g/mL
<b>Concentración de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en la dosificación optima</b>			
Concentración de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> en la solución de 2:1	C1	0,003	g/mL
Volumen de la dosificación optima	V1	5	mL
Volumen de agua cruda	V2	1	L
Concentración de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> en la dosificación optima	C2	0,015	g/mL
Consumo de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> al día	W1	15,55	Kg de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /día

Realizado por: Eugenio Escudero 2016

### 3.2.1.15 *Cálculos de la propuesta dos*

**Tabla 23-3** Datos y resultados para la optimización del filtro

<b>PARÁMETRO</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Numero de filtros	Nf	2	U
Área superficial	Af	4,5	m <sup>2</sup>
Longitud del filtro del filtro	Lf	3	m
Ancho del filtro	af	1,5	m
Altura del filtro	Zf	3	m
Velocidad de filtración real	VR	0,611	mm/s

Cantidad de agua para el lavado del filtro		VCL	89,199		$m^3$
RESULTADOS PARA EL LECHO FILTRANTE					
Parámetro		SÍMBOLO	VALOR		Unidad
Espesor de la grava		eg	0,30		m
Espesor del lecho filtrante	Arena silica	ea	0,30		m
	Zeolita	em	0,40		m
PARÁMETRO		SÍMBOLO	UNITARIO	TOTAL	UNIDAD
Volumen de la zeolita		Vz	1,8	3,6	$m^3$
Masa de zeolita		mz	1925	3850	kg
Volumen de la solución de NaCl		Vs	4,5	9	$m^3$
Masa de NaCl		ms	450	900	kg
Capacidad de eliminación del lecho		Cad	1260	2520	kg
Dureza eliminada al año		De	56024,52		Kg/año
Regeneraciones necesarias		Rn	2		U/mes

Realizado por: Eugenio Escudero 2016

**Tabla 24-3** Resultados para el cálculo de la potencia de la bomba

<b>Parámetro</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de impulsión	$H_{fi} = h_{fi} + h_{mi}$	$H_{fi}$	3,346	metros
Cálculo de las pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión	$h_{fi} = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$	$h_{fi}$	1,115	metros

Cálculo de las pérdidas de carga por accesorios en la línea de impulsión	$h_{mi} = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$	$h_{mi}$	2,231	metros
Cálculo del Número de Reynolds ( $N_{RE}$ )	$N_{RE} = \frac{\rho v D}{\mu}$	$N_{RE}$	$1,627 \times 10^5 \geq 2400$ Flujo turbulento	
Cálculo de la Rugosidad Relativa (R.R.)	$R.R. = \frac{\varepsilon}{D}$	R.R.	$2,161 \times 10^{-5}$	metros
Cálculo de las pérdidas de carga en la línea de succión	$H_{fs} = h_{fs} + h_{ms}$	$H_{fs}$	0,385	metros
Parámetro	<i>Ecuación</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Valor</i>	Unidad
Cálculo de las pérdidas de carga por fricción en la línea de succión	$h_{fs} = f \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$	$h_{fs}$	0,193	metros
Cálculo del Número de Reynolds (NRE)	$N_{RE} = \frac{\rho v D}{\mu}$	$N_{RE}$	$9,266 \times 10^4$	
Cálculo de la Rugosidad Relativa (R.R.)	$R.R. = \frac{\varepsilon}{D}$	R.R.	$2,618 \times 10^{-5}$	metros
Cálculo de las pérdidas de carga por accesorios en la línea de succión	$h_{ms} = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$	$h_{ms}$	0,192	metros

Altura dinámica total	$ADT$ $= h_i - h_s$ $+ \left[ \frac{P_i - P_s}{\rho g} \right]$ $+ [H_{fi} + H_{fs}]$	$ADT$	10,92	metros
Potencia de la bomba	Cartas CALPEDA	P	1,5	hp
Eficiencia	Cartas CALPEDA	%	75	%

Realizado por: Eugenio Escudero 2016

### Porcentaje de remoción

El porcentaje de remoción se obtiene por la diferencia de las cargas contaminantes de entrada (agua cruda) y cargas contaminantes de salida (agua cruda) dividido para las cargas contaminantes de salida multiplicado por 100.

$$x = \frac{S_o - S}{S_o} * 100$$

**Donde:**

So= Cargas contaminantes de entrada

S= Cargas contaminantes de salida

#### 3.2.1.16 *Porcentaje de Remoción con el Tratamiento Actual*

**Dureza**

$$x = \frac{380,3 - 377,0}{380,3} * 100$$

$$x = 0,86 \%$$



### **Calcio**

$$x = \frac{85,8 - 78,5}{85,8} * 100$$

$$x = 8,5 \%$$

### **Flúor**

$$x = \frac{3,16 - 2,5}{3,16} * 100$$

$$x = 20,89 \%$$

### **Fosfatos**

$$x = \frac{0,91 - 0,7}{0,91} * 100$$

$$x = 23,08 \%$$

### **3.2.1.17      *Porcentaje de remoción con el tratamiento propuesto uno***

### **Dureza**

$$= \frac{380,3 - 295,0}{380,3} * 100$$

$$x = 22,43 \%$$

### **Calcio**

$$= \frac{85,5 - 69}{85,5} * 100$$

$$x = 19,30 \%$$

### **Flúor**

$$= \frac{3,16 - 1,3}{3,16} * 100$$

$$x = 58,86 \%$$

### **Fosfatos**

$$= \frac{0,91 - 0,28}{0,91} * 100$$

$$x = 69,23 \%$$

### **3.2.1.18      *Porcentaje de remoción con el tratamiento propuesto dos***

### **Dureza**

$$x = \frac{380,3 - 230,2}{380,3} * 100$$

$$x = 39,47 \%$$

## Calcio

$$x = \frac{85,5 - 68}{85,5} * 100$$

$$x = 20,47 \%$$

## Fluor

$$= \frac{3,16 - 1,1}{3,16} * 100$$

$$x = 65,19 \%$$

## Fosfatos

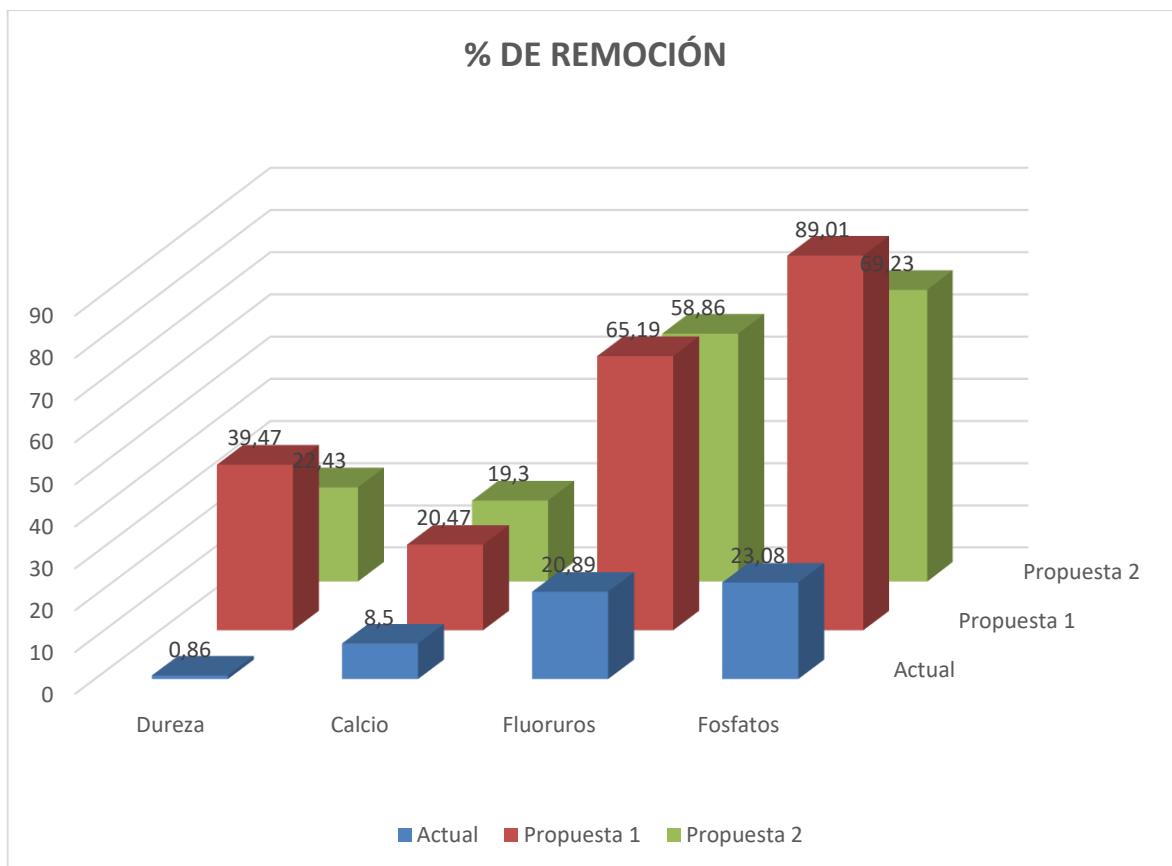
$$= \frac{0,91 - 0,1}{0,91} * 100$$

$$x = 89,01 \%$$

**Tabla 25-3** Porcentaje de remoción

Parámetros	Unidad	Antes del tratamiento	ACTUAL		PROPUESTA1		PROPUESTA 2	
			Después del tratamiento	% de remoción	Después del tratamiento	% de remoción	Después del tratamiento	% de remoción
Dureza	mg/L	380,3	377,0	0,86	230,2	39,47	295,0	22,43
Calcio	mg/L	85,5	78,5	8,5	68	20,47	69	19,30
Flúor	mg/L	3,16	2,5	20,89	1,1	65,19	1,3	58,86
Fosfatos	mg/L	0,91	0,7	23,08	0,1	89,01	0,28	69,23

Realizado por: Eugenio Escudero 2016



**Grafica 9-3** Resultado del porcentaje de remoción

**Fuente:** Laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

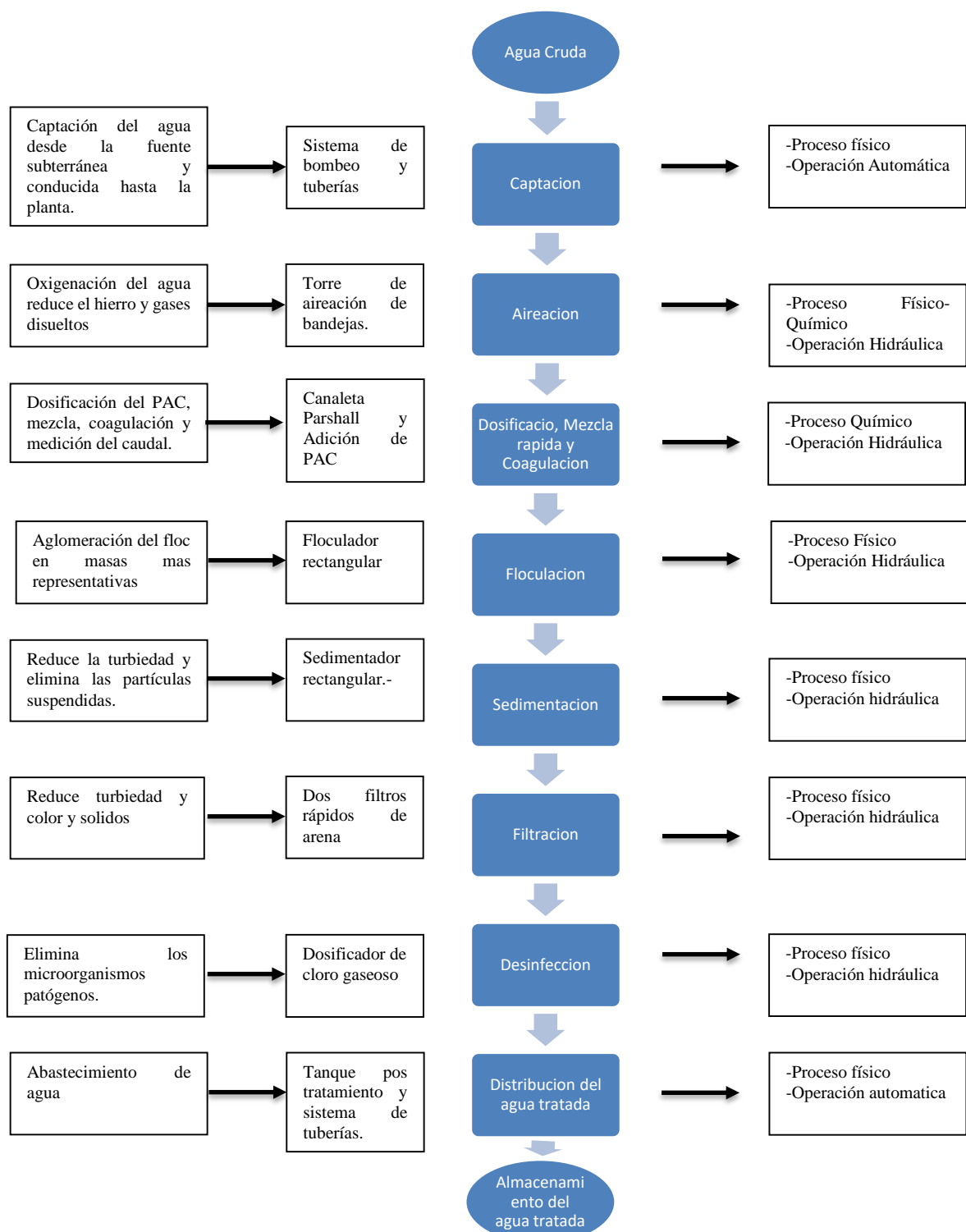
**Realizado por:** Eugenio Escudero 2016

En el grafico 9-3 se puede observar que los resultados los tratamientos propuesto 1 y 2 donde se ve claramente que la dureza, calcio, flúor y fosfatos parámetros que se encontraban fuera de norma con el tratamiento actual están dentro de la norma INEN 1108: 2006, TULSMA y OMS, optimizando el proceso brindando solución al problema del tratamiento actual en la planta.

### 3.3 Proceso de producción de la PTAPPT

El proceso de producción para la PTAPPT consta específicamente de un proceso físico que consta de un sistema de captación, aireación, mezcla rápida, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.

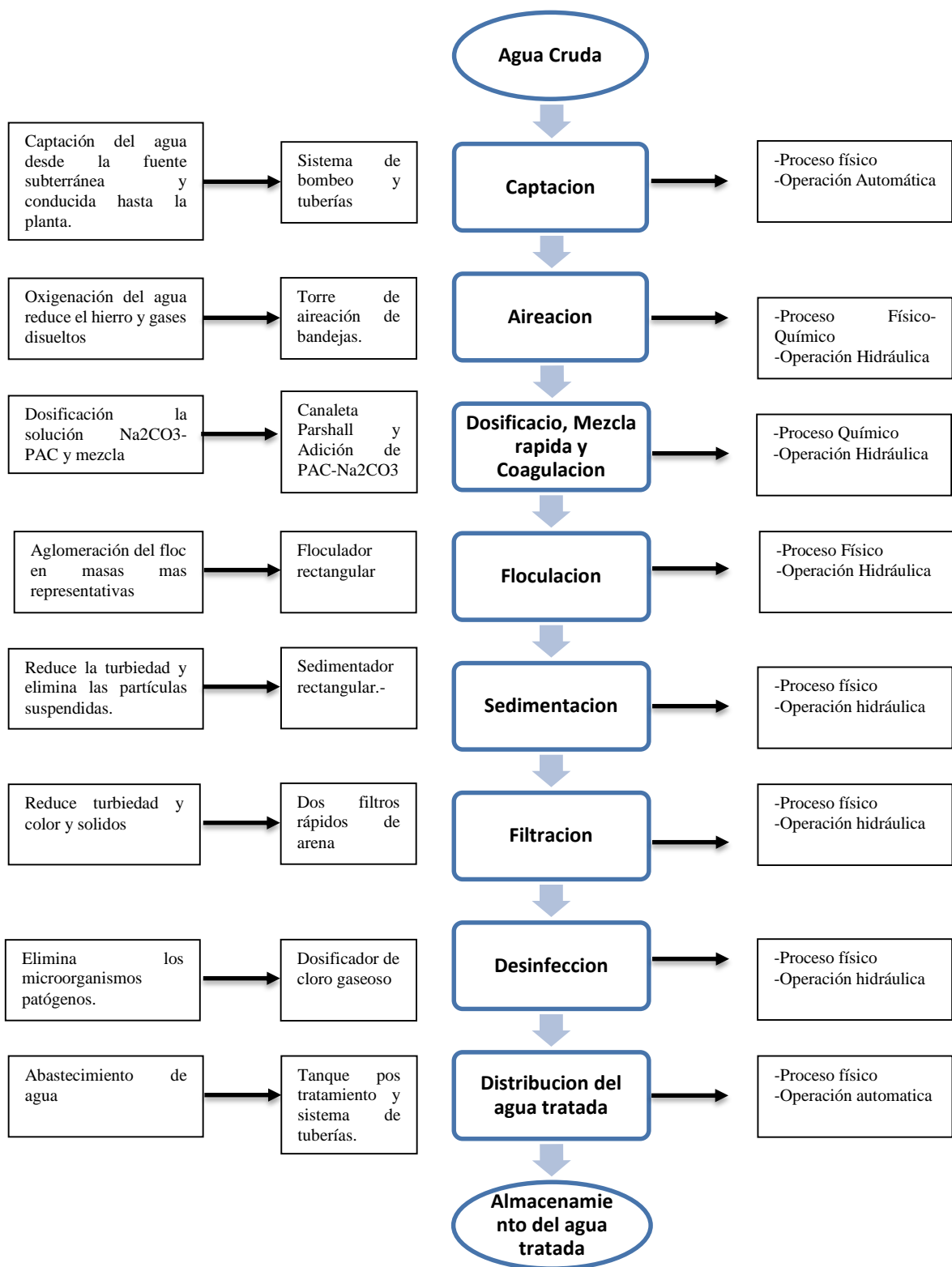
## Proceso de producción actual



**Figura 13-3** Proceso actual de tratamiento de agua potable de la parroquia Totoras

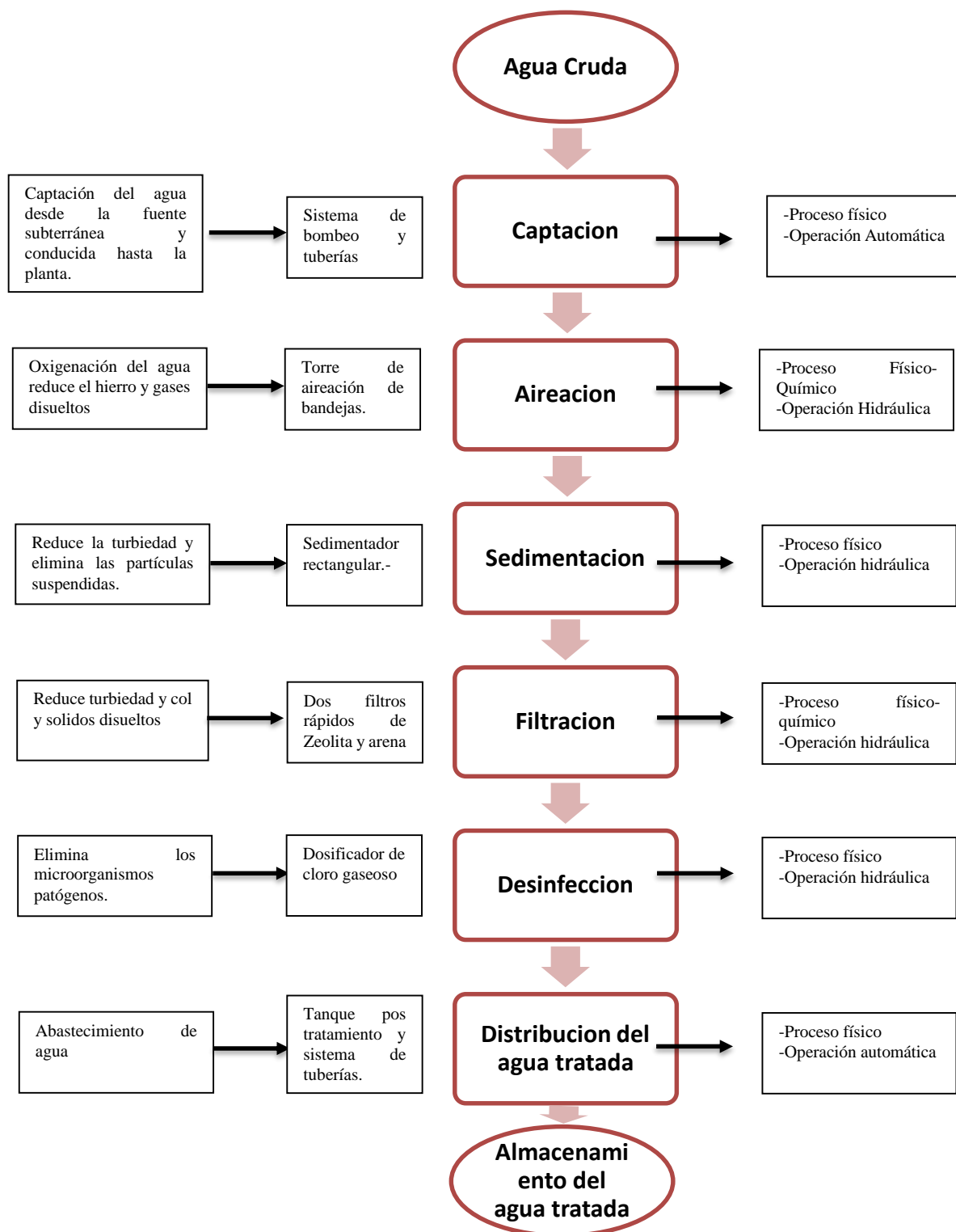
Realizado por: Eugenio Escudero, 2016

## Proceso de producción con el tratamiento propuesto uno



**Figura 14-3** Proceso propuesto dos de tratamiento de agua potable de la parroquia Totoras  
Realizado por: Eugenio Escudero, 2016

## Proceso de producción con el tratamiento propuesto dos



**Figura 15-3** Proceso propuesto uno de tratamiento de agua potable de la parroquia Totoras  
Realizado por: Eugenio Escudero, 201

### 3.4 Requerimientos de tecnología

Para realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua a la entrada y salida de la planta de tratamiento de agua potable, además de las pruebas de tratabilidad, se realizaron a través de los siguientes métodos:

**Tabla 26- 3 Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales**

PARÁMETROS	MÉTODOS	DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA
Ph	Potenciométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Turbiedad	Nefelométricos	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
Conductividad	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Sólidos totales	Gravimetría	Pesar una caja Petri, colocar 25ml de muestra, someter a baño María hasta sequedad, introducir en la estufa, colocar en el desecador 15min., pesar la caja.
Sólidos totales disueltos	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro, y se registra su valor.
Color	Comparativo/Espectrofotométrico	Realizar un blanco con agua destilada, tomar 10 ml de la muestra en la celda HACH, colocar en el espectrofotómetro HACH y medir
Alcalinidad	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 2 gotas de anaranjado de metilo, valorar con ácido sulfúrico 0.02 N
Dureza	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 1 ml de buffer de dureza + una porción de negro de eritocromo T en polvo, valoramos con EDTA (0.02M) de rojo a azul.



Calcio	Volumétrico	Tomar 25 ml de muestra + 1 ml de KCN + 1 ml de NaOH (1N) + pizca de indicador Murexida. Titular con EDTA (0.02 M). De rosado a lila
Magnesio	Cálculo	Diferencia entre la dureza total y el contenido de calcio en forma de carbonato de calcio.
Hierro, Nitratos, Cloruros, Fosfatos, Nitritos, Sulfatos Nitratos, Amonios, Fluoruros, Aluminio	Espectrofotométrico	Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Coliformes totales Coliformes Fecales	Sembrado	Luego de esterilizar el equipo microbiológico de filtración por membranas, se siembra y se toma la lectura a las 24 horas, se realiza el conteo de las colonias si las hubiere.

Fuente: NORMA INEN 11:08

Realizado por: Escudero Eugenio 2016

**Tabla 27-3** Equipos utilizados en el proyecto

EQUIPOS	MATERIALES	SUSTANCIA Y REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Espectrofotometro HACH</li> <li>- ph – metro</li> <li>- Turbidimetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elenmeyer</li> <li>- Peras</li> <li>- Pinzas</li> <li>- Pipetas</li> <li>- Probetas</li> <li>- Vasos de precipitación</li> <li>- Balones aforados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- PAC</li> <li>- Cal</li> <li>- Na(OH)</li> <li>- CN</li> <li>- Zeolita</li> <li>- NaCl</li> <li>- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></li> </ul>

Fuente: NORMA INEN 11:08

Realizado por: Escudero Eugenio 2016

### 3.5 Análisis de costo/beneficios del proyecto

#### Costo de operación con las dos propuestas.

Se realiza el costo de operación mediante las pruebas de tratabilidad, la planta posee actualmente procesos físico-químicos con una dosificación mal planteada proporcionando una agua con parámetros fuera de las normas para lo cual se han planteado dos propuestas la primera es la correcta dosificación de los químicos necesarios para regular dichos parámetros la segunda que consiste en modificar el lecho filtrante al adicionar una capa de zeolita activada al 10%.

**Tabla 28-3** Determinación de costos de dosificación

SUSTANCIA QUÍMICA	CUMPLE CON LMP	UNIDAD (KG)	COSTO (\$)
<b>TRATAMIENTO ACTUAL</b>			
PAC	---	1	1,24
Cloro gaseoso	X	1	3,31
<b>PROPUESTA UNO</b>			
PAC	X	1	1,24
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	X	1	0,50
Cloro gaseoso	X	1	3,31
<b>PROPUESTA DOS</b>			
Zeolita	X	1	0,4
NaCl (Sal En Grano)	X	1	0,14
Cloro gaseoso	X	1	3,31

Realizado por: Escudero Eugenio 2016

**Tabla 29-3** Consumo de sustancia químicas

DETALLE	SÍMBOLO	CONSUMO (KG/DÍA)
<b>TRATAMIENTO ACTUAL</b>		
PAC	W0	10,71
Cloro gaseoso	C	0,71

PROPUESTA UNO		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	W2	15,55
PAC	W1	31,10
Cloro gaseoso	C	0,71
PROPUESTA DOS		
NaCl	ms	60
Cloro gaseoso	Cl	0,71

Realizado por: Escudero Eugenio 2016

**Tabla 30-3** Determinación del costo de operación

DETALLE	CONSUMO (KG/DÍA)	PRESENTACIÓN (KG)	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO POR DÍA (\$)
TRATAMIENTO ACTUAL				
PAC	10,71	1	1,24	13,28
Cloro gaseoso	0,71	1	3,31	2,35
<b>Total</b>				15,63
PROPUESTA UNO				
PAC	31,10	1	1,24	38,56
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	15,55	1	0,5	7,78
Cloro gaseoso	0,71	1	3,31	2,35
<b>Total</b>				48,69
PROPUESTA DOS				
NaCl	60	1	0,14	8,4
Cloro gaseoso	0,71	1	3,31	2,35
<b>Total</b>				10,75

Realizado por: Escudero Eugenio 2016

**Tabla 31-3** Comparación de Costos

DETALLE	COSTO POR DÍA (\$)	COSTO CADA 15 DÍAS (\$)	COSTO MENSUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)
TRATAMIENTO ACTUAL				
COSTO	15,63	234,45	468,9	5626,8
PROPUESTA UNO				
COSTO	48,69	672	1344	16128
RELACIÓN EN PORCENTAJE CON EL TRATAMIENTO ACTUAL Y PROPUESTA UNO				
PORCENTAJE	311,52%	311,52%	311,52%	311,52%
PROPUESTA DOS				
COSTO	10,75	161,25	322,5	3870

<b>RELACIÓN EN PORCENTAJE CON EL TRATAMIENTO ACTUAL Y PROPUESTA UNO</b>				
<b>PORCENTAJE</b>	31,2%	31,2%	31,2%	31,2%

**Realizado por:** Escudero Eugenio 2016

En relación a estos dos tratamientos propuestos considerando que las dos propuestas cumplen con los parámetros de calidad del agua, y comparando el análisis económico realizado entre las dos propuestas se opta por la filtración con zeolita activada al 10% debido a que se obtiene agua apta para el consumo humano cumpliendo con los parámetros establecidos dentro de la norma y a su vez que se encuentran fácilmente en el mercado a bajo costo.

**Tabla 32-3** Ahorro en el tratamiento propuesto

<b>DIARIO</b>	<b>QUINCENAL</b>	<b>MENSUAL</b>	<b>ANUAL</b>	<b>15 AÑOS</b>
<b>Tratamiento actual</b>				
15,62	234,45	468,9	5626,8	84402
<b>Tratamiento propuesto</b>				
10,75	161,25	322,5	3870	58050
<b>Ahorro económico</b>				
4,87	73,2	146,4	1756,8	26352

**Realizado por:** Eugenio Escudero.

### **Costos de operación para análisis de laboratorio**

Los análisis físicos-químicos y microbiológicos se deben realizar con frecuencia para mantener los parámetros dentro de las normas establecidas, y brindar agua de calidad a los habitantes de la Parroquia Totoras en tanto tenemos los costos de los análisis de laboratorio.

**Tabla 33-3** Costos de los análisis de laboratorio

<b>PARÁMETROS ANALIZADOS</b>	<b>COSTOS (\$)</b>	<b>PARÁMETROS ANALIZADOS</b>	<b>COSTOS (\$)</b>
Ph	3,00	Dureza	6,00
Color	4,00	Calcio	6,00
Temperatura	3,00	Magnesio	6,00
Cloruros	6,00	Nitritos	6,00
Turbiedad	5,00	Alcalinidad	6,00
Conductividad	4,00	Sulfatos	6,00
Color	4,00	Fosfatos	6,00
Manganeso	6,00	Fluoruros	6,00
Solidos disueltos	4,00	Coliformes totales y fecales	14,00
Subtotal	39,00	Subtotal	62,00
Total			101,00

Realizado por: Escudero Eugenio 2016.

## Costo implantación de la propuesta 2

El presupuesto para el tanque elevado de la solución de NaCl y la implementación de la zeolita en los filtros rápidos de la planta de tratamiento de la parroquia Totoras, esta analizado abarcando todos los parámetros de implantación y construcción.

**Tabla 34-3** Presupuesto para la implantación del proyecto

<b>INSTALACION DEL TANQUE DE SOLUCION DE NaCl</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>RUBRO DE OBRA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1	Limpieza del terreno	M2	9	0,95	<b>8,55</b>
2	Replanteo y nivelación	M2	9	3,04	<b>27,36</b>
<b>ESTRUCTURA</b>					
3	Hormigón simple $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ (24 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 19 mm, consistencia blanda, premezclado en planta, según NEC-11 y ACI 318.	M3	1,2	91,95	<b>110,34</b>
4	Torre metálica de celosía de 4,0 m de altura para tanque elevado de hasta 10000 litros, con escalera de acceso y base de fijación del tanque de 2,5x2,5 m.	U	1	940,86	<b>940,86</b>
<b>MATERIALES PARA LA INSTALACION</b>					
5	Tanque polipropileno reforzado para químicos 10000 L	U	1	600	<b>1200</b>
6	Multiconectores	U	1	4,08	<b>4,08</b>
7	Válvula de retención check ½ pulgadas	U	2	4,40	<b>8,80</b>
8	Válvula 1 PVC bola EC 25mm 1 UNIV	U	3	5,54	<b>16,62</b>
9	Codo EC 25mm X 90°	U	8	0,15	<b>1,20</b>
10	Tee red 1 EC 50 A 25mm	U	1	1,20	<b>1,20</b>
11	Tubo u-PVC EC 25mm X 6m 1,25mpa(181psi)	M	10	1,03	<b>10,30</b>
12	Salida tanque de plástico 1 pulgada	U	1	2,50	<b>2,50</b>
<b>EQUIPOS PARA LA INSTALACION</b>					

13	Bomba centrífuga de 1,5 hp	U	1	100	100
MAQUINARIA PARA LA INSTALACION					
14	Camión con grúa de hasta 6 t.	H	1	40,61	40,61
15	Miniretroexcavadora sobre neumáticos, de 37,5 kW.	H	0,40	37,51	15,00
MANO DE OBRA					
16	Plomero	H	16	2,80	44,8
17	Albañil	H	16	2,30	36,8
18	Ayudante de albañil	H	16	2,10	33,6
		COSTO TOTAL			2502.62
INSTALACION DE LA ZEOLITA					
CÓDIGO	RUBRO DE OBRA	UNIDAD	CANTIDA D	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Medio filtrante					
14	Zeolita	Kg	3850	0,4	1540
Activación					
15	Sal muera NaCl	Kg	900	0,14	126
Mano de obra					
16	Asistente de instalación	H	8	2,50	20
17	Ayudante	H	8	2,50	20
Trabajos finales					
28	Limpieza final de obra	M2	9	2,20	19,80
		COSTO TOTAL			1662,8
		COSTO TOTAL DE LA IMPLANTACION			4265,42

Fuente: Ing. Diego Iguasnia

Elaborado por: Escudero Eugenio 2016

## **Análisis y discusión de resultados**

El tratamiento actual de potabilización consta de: aireación, mezcla rápida, coagulación con PAC, floculación, sedimentación, filtración y desinfección con cloro gaseoso.

Al realizar la caracterización físico – química y microbiológica del agua captada de la vertiente subterránea en días soleados y lluviosos (Ver tabla 3-3 y grafica 1-3) se pudo verificar que el agua presenta las mismas características en ambos casos, además se observó que existen 6 parámetros fuera de norma que son: Dureza 380,3 mg/L, Calcio 85,5 mg/L, Flúor 3,16 mg/L, Fosfatos 0,91 mg/L, Solidos totales 87 nmp/ 100mL y Fecales 29 nmp/ 100mL. Los cuales fueron comparados considerando las normas INEN 1108:2006, las guías de la OMS y el TULSMA. El agua no presenta ningún cambio desde la vertiente subterránea puesto que el agua es transportada mediante bombeo y un sistema de tuberías cerrado que impide cualquier interacción con el medio ambiente durante el traslado del agua cruda.

Con la caracterización físico – química del agua tratada actualmente en la planta (Ver tabla 4-3 y grafica 3-3) se pudo determinar que existen 4 parámetros, fuera de norma que son: Dureza 377,0 mg/L, Calcio 78,5 mg/L, Flúor 2,5 mg/L y Fosfatos 0,7 mg/L por lo tanto el tratamiento actual no es el adecuado.

Se realizaron 3 diferentes pruebas de tratabilidad: usando PAC al 1% adicionado en un litro de agua cruda volúmenes de 3,7 y 14 mL se pudo observar que el flúor del agua es el único parámetro que se logra normalizar, en cambio la dureza, calcio y fosfatos no presentan mejoría, por lo tanto el PAC no sirve para el proceso; usando la solución 10:1 de PAC-CAL en volúmenes de 3,9 y 12 mL a diferentes volúmenes se pudo observar que la dureza se elevó considerablemente porque la cal no actúa en aguas con dureza no carbonatada, por lo tanto el uso de la solución de PAC-CAL no sirve para el proceso; usando una solución 2:1 de PAC-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> adicionando volúmenes de 2, 3, 5 mL se obtuvo que con 5 mL de la solución el agua tiene una dureza de 295,0 mg/mL, calcio de 69 mg/mL, Flúor de 1,3 mg/mL y Fosfatos de 0,28 mg/mL, valores que indican estar dentro de la norma, por lo que esta dosificación es la más adecuada para la planta de tratamientos.



Al realizar las pruebas de tratabilidad con la solución de PAC- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  se pudo determinar que se necesita 31,10 kg por día y 15,55 kg de  $\text{NaCO}_3$  por día, mejorando la calidad del agua pero elevando los costos de tratamiento actual de 15,63 dólares por día a 48,69 dólares por día incrementando el valor en 33,06 dólares por día, razón por la cual se buscó otra alternativa conveniente. Este proceso no solo se realizó a nivel de laboratorio sino también directamente en la planta de tratamiento, con la caracterización físico química y microbiológica del agua después del tratamiento propuesto (Ver tabla 13-3) se observa que todos los parámetros están dentro de la norma INEN 1108: 2006, guías de la OMS y TULSMA.

Se realizó un tratamiento alternativo usando un filtro rápido de zeolita y arena silica a diferentes concentraciones de medio activante, como resultado se obtuvo que aplicando una filtración con zeolita activada al 10% el agua tiene una dureza de 230,2 mg/l, Calcio de 68 mg/l, Flúor de 1,1 mg/l y Fosfatos de 0,1 mg/ valores que indican estar dentro de la norma, por lo que esta filtración es adecuada para la planta de tratamientos.

Al realizar el tratamiento de filtración con zeolita activada al 10% se pudo determinar que se necesita adecuar el lecho filtrante del filtro para lo cual se adiciona un lecho de zeolita activada al 10% en los dos filtros con un espesor de 0,40 m, misma que se activó con 9 m<sup>3</sup> de solución de NaCl al 10% para lo cual se necesita 900 kg de NaCl por regeneración de la zeolita (Ver anexo M) para los dos filtros cada 15 días ya que pasado este tiempo el lecho pierde su poder adsorbente según los cálculos realizados; mejorando notablemente la calidad del agua y también disminuyendo los costos de operación diarios de 15,63 dólares por día a 10,75 dólares por día, reduciendo el valor en 4,88 dólares al día, y en un año el ahorro sería de 1756,8 dólares lo que resulta significativo para la PT.

Además se debe implementar un tanque elevado de 9 m<sup>3</sup> en donde se realizará la solución de NaCl al 10% que es el volumen requerido para activar la zeolita en cada filtro, además en el mercado existen tanques de PVC de 10 m<sup>3</sup> el cual sería apropiado para operación requerida.

### 3.6 Conclusiones

- Se diagnosticó el estado actual del sistema de tratamiento de agua potable de la Parroquia Totoras del Cantón Ambato mediante una visita técnica en la cual se pudo observar las etapas de tratamiento que consta de: Captación, aireación, mezcla rápida, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y distribución. Comprobando mediante un análisis de laboratorio que el tratamiento no es el adecuado por una mala dosificación de químicos.
- Se efectuó la caracterización físico-química y microbiológica del agua de captación donde se identificaron los siguientes parámetros fuera de norma: dureza 380,3 mg/L, calcio 85,5 mg/L, flúor 3,16 mg/L, fosfatos 0,91 mg/L, Coliformes totales 87 UFC/100mL y Coliformes 29 UFC/100ml fecales; también se caracterizó el agua tratada actualmente donde se determinó que existen ciertos parámetros fuera de norma que son: : dureza 377,0 mg/L, calcio 78,5 mg/L, flúor 2,5 mg/L y fosfatos 0,7 mg/L, los cuales en comparación al agua que ingresa a la planta no existe una diferencia significativa, con esto se comprueba que el tratamiento es inadecuado, estos parámetros deben ser tratados hasta cumplir los límites máximos permisibles establecidos por la NTE INEN – REQUISITOS 1108:2006 y Calidad del Agua Potable de la OMS y TULSMA.
- Mediante las pruebas de tratabilidad se estableció un tratamiento de dosificación con una solución de policloruro de aluminio y carbonato de sodio con lo cual se cumple los límites permisibles de la norma, al realizar el análisis económico se determinó que el costo del tratamiento subiría en un 311,52% respecto al actual, por lo cual se buscó otra alternativa que cumpla con las especificaciones técnicas y económicas para un tratamiento adecuado, esta es modificando los dos filtros al adicionar un lecho de zeolita activada al 10%, para lo cual se necesita implementar un tanque elevado que suministre la solución de NaCl al 10% a los filtros con esta propuesta el costo de tratamiento disminuiría en 31,22% respecto al actual. Además se debe considerar el costo de implantación del tanque elevado, esta última

propuesta es la más viable ya que supone un ahorro significativo a la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado de la Parroquia Totoras.

- Se realizó la caracterización físico – química y microbiológica del agua tratada, luego de la filtración con zeolita activada y con la dosificación correcta de la solución de PAC y carbonato de sodio, cumpliendo la NTE INEN – REQUISITOS 1108:2006 y Calidad del Agua Potable de la OMS y TULSMA y se comprobó que todos los parámetros se encuentran dentro de la norma.

### **3.7 Recomendaciones**

- Analizar el estudio realizado para mejorar el sistema de tratamiento.
- Implementar el lecho de zeolita activada a los dos filtros para mejorar la calidad del agua de la Parroquia Totoras.
- Implementar un tanque elevado y sistema de bombeo para la preparación y transporte de la solución de NaCl, hacia los filtros para el debido proceso.
- Contratar un técnico para que supervise el proceso de regeneración de la zeolita activada y tome muestras de agua por lo menos una vez a la semana, para que realice las caracterizaciones físico – química y microbiológicas del agua tratada.
- Seguir el proceso de activación sugerido en el procedimiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ARBOLEDA, J.,** Teoría y Práctica de la Purificación del Agua., 3a. ed., Bogotá – Colombia., Editorial Mc. Graw Hill., 2000., Pp., 1-7.

**BRIÉRE, F.,** Distribución de agua potable y colecta de desagües y de agua de lluvia., 1a. ed., Montreal – Canadá., Editorial École Polytechnique., 2005., Pp., 1- 6.

**ROMERO, J.,** Calidad del Agua., s. ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp., 187-194.

**AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.,** Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater., 19a. ed., New York - Estados Unidos, s. ed., 1995., Pp., 110-115

**AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.,** Calidad y Tratamiento del Agua., 5a. ed., Madrid – España., Editorial McGraw-Hill., 2002., Pp., 47-131.

**PERÚ, CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS),** “Control de la Calidad del agua”- Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua”, 2ª. ed., Lima-Perú., CEPIS., 1996., Pp., 195-250.

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS),** Guías para la calidad del agua potable., 3a. ed., s.l., Volumen I., 2006., Pp., 192-202


**ESTRADA. T JOSÉ. J.** *Diseño de una planta portátil potabilizadora de agua de 50 metros cúbicos por día.* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción. Guayaquil-Ecuador. 2011  
[http://www.cib.espol.edu.ec/digipath/d\\_tesis\\_pdf/d-91726.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/digipath/d_tesis_pdf/d-91726.pdf)

**SALAZAR, Lorena.** *Diseño de una Planta Potabilizadora* [en línea]. Bogotá-Colombia UNAD, 2012. [Consulta: 7 noviembre 2015]. Disponible en:  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido\\_en\\_linea\\_Disenio\\_de\\_Plantas\\_Potabilizadoras/ficha\\_tcnica.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido_en_linea_Disenio_de_Plantas_Potabilizadoras/ficha_tcnica.html)

**UVIDIA ÄSSLER, Johana Elizabeth.** *Optimización De La Planta De Tratamiento De Agua Potable De La Ciudad De Chambo* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador. 2013. pp. 10-18. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3203/1/96T00237.pdf>

## ANEXOS Y APENDICES

### Anexo A. Plan de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Totoras



# GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA TOTORAS

## CARACTERIZACIÓN DE LA PARROQUIA TOTORAS

**Ubicación Geográfica:**

La parroquia Totoras se ubica al sureste del cantón Ambato, a una distancia de 8 Km. en la vía a Baños.

**Límites:**

**Norte:** Las parroquias Huachi Grande y Picaihua.

**Sur:** Parroquia Montalvo y cantón Cevallos

**Este:** Parroquia Picaihua y cantón Pelileo.

**Oeste:** Parroquias Montalvo y Huachi Grande.

Mapa 1 Ubicación Geográfica de la Parroquia

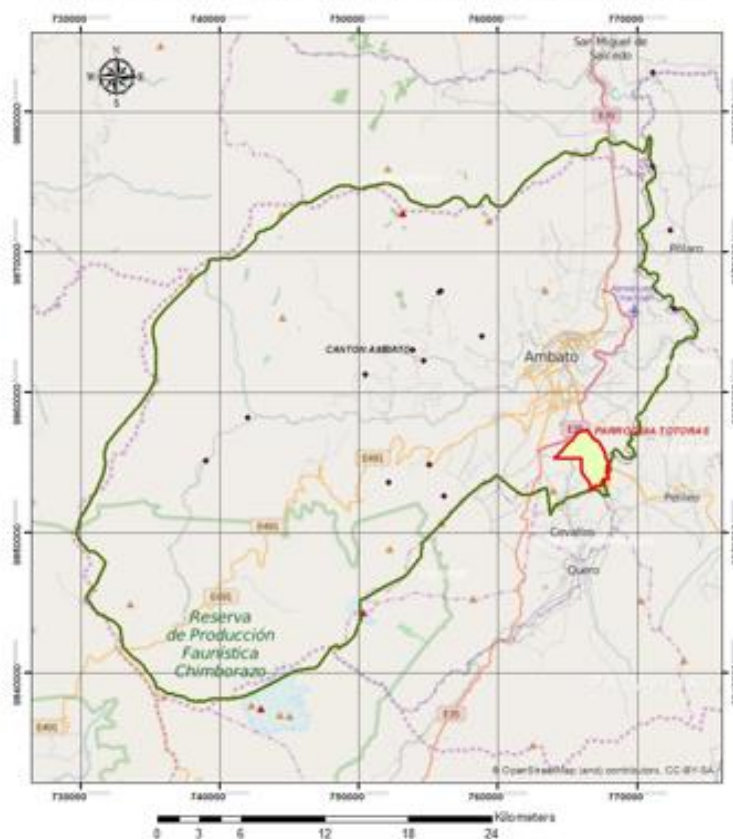
Dirección: Orquídeas e Ilusiones  
Teléfono: 03- 2748052 0987557549

Correo Electrónico: [gadtotoras@gmail.com](mailto:gadtotoras@gmail.com)



# GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA TOTORAS

## UBICACIÓN DE LA PARROQUIA DENTRO DEL CANTÓN AMBATO



 GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA RURAL DE TOTORAS	
Escala: 1:10.000	DATUM: WGS84
Fecha: Diciembre 2015	Punto SPK 98249 100 940 AMBITO: CACAPUQUIN TUGURAHUA, BELLASZAS 98 550 411 811





## GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA TOTORAS

### División Política:

Totoras define tres caseríos: La Dolorosa, Huachi Totoras y Totoras Centro, mismos que integran a los siguientes barrios:

CASERÍO	LA DOLOROSA
BARRIOS	Bellavista
	Barrio Fino
CASERÍO	HUACHI TOTORAS
BARRIOS	Jesús del Gran Poder
	La Unión
	El Porvenir
CASERÍO	TOTORAS CENTRO
BARRIOS	Cristal
	La Libertad
	San Francisco
	El Recreo
	El Placer
	San José
	El Mirador
	Sta. Rita
	<u>Palahua</u>

**Altitud:** El centro parroquial se encuentra a 2.661 m.s.n.m.

**Temperatura:** Marca en promedio 14,5°C, con vientos fuertes y moderados que se perciben especialmente en el centro parroquial.

**Extensión:** Tiene una superficie total de 841,8 hectáreas,

**Población:** En esta hermosa parroquia se asienta una población de 7913 habitantes, de los cuales 3986 son mujeres y 3927 son hombres; con porcentajes de 50,4% y 49,6% respectivamente.



## GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA TOTORAS

### Agua de consumo

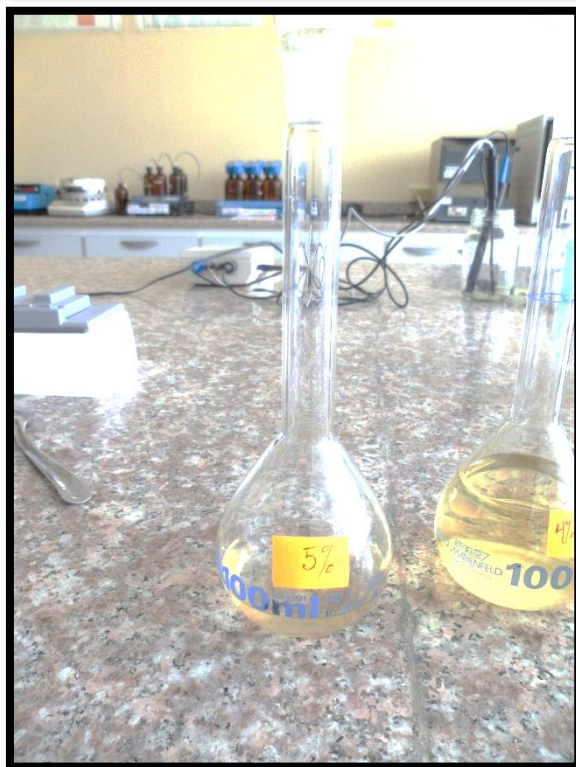
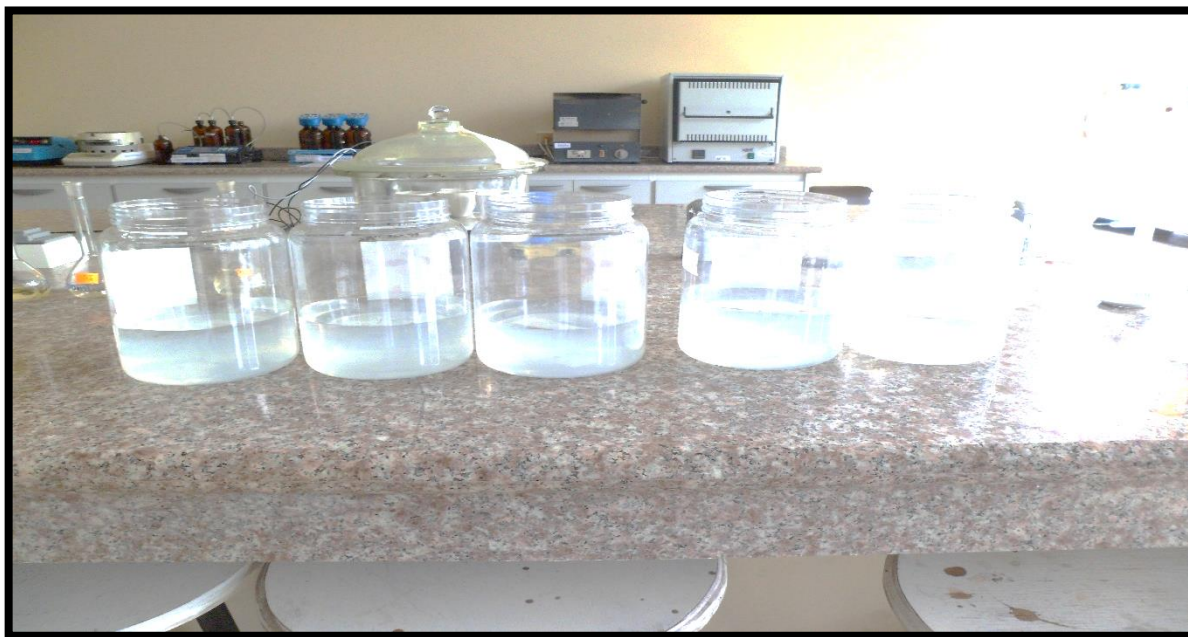


SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	USUARIOS				
	COBERTURA BARRIOS	HOMBRES	MUJERES	INSTITUCIONES	TOTAL
<u>Emapa</u>	La Dolorosa	69	55	1	125
Regional <u>Yanahurco</u> -	<u>Huachi</u> Totoras	282	153	6	441
Tanque Grande	Centro	57	55	3	115
	Cristal	17	56	0	73
	Mirador	60	53	0	113
	San José	22	12	0	34
	Santa Rita	31	32	0	63
	<u>Palahua</u>	32	20	0	52
	El Calvario	34	38	0	72
Agua Natural (entubada)	<u>Palahua</u>	79	45	1	125
Agua entubada <u>Unión y</u> <u>Progreso</u>	La Libertad	63	23	0	86
	El Recreo	35	16	0	51
Agua La Poza (entubada)	<u>Palahua</u> , Centro, El Recreo	70	50	0	120
		<b>851</b>	<b>608</b>	<b>11</b>	<b>1470</b>

Responsable de la información

Ing. Natalia Criollo  
Técnica del GADP Totoras

## Anexo B. Pruebas de tratabilidad





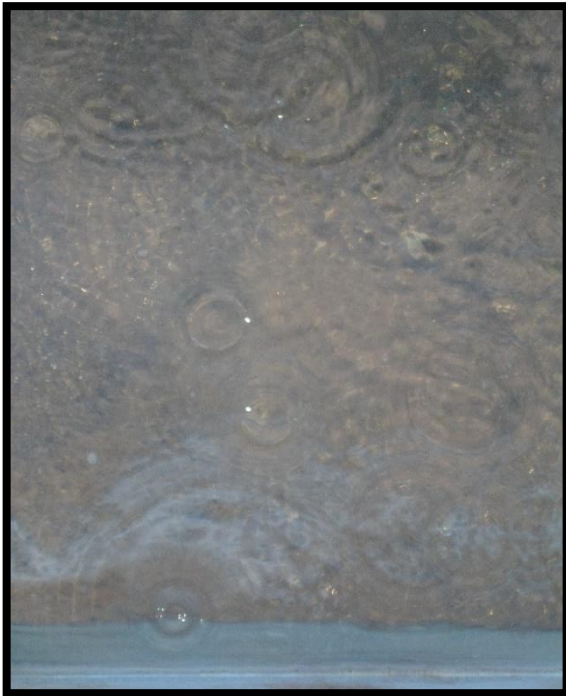
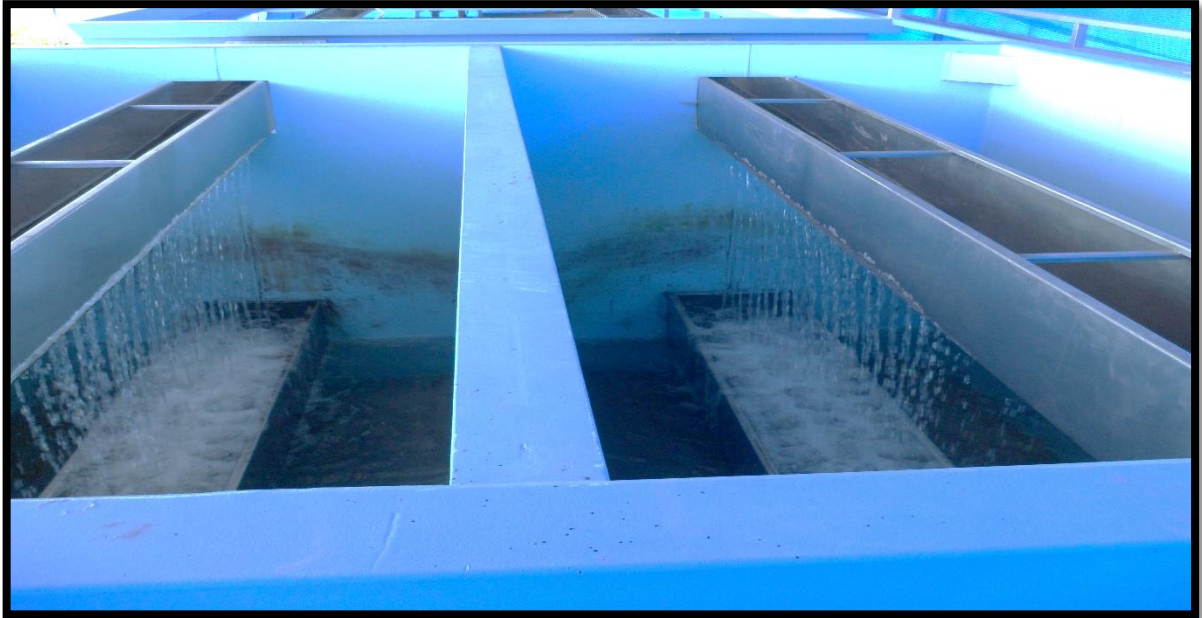


**Anexo C. Planta de tratamientos de la parroquia Totoras**





**Anexo D.** Filtros rápidos de arena de la PTPT



**Anexo E.** Informe de los análisis físicos - químicos del agua cruda del sistema de potabilización de la parroquia Totoras, realizado en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

## ESPOCH

### LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998200 ext 332

Riobamba - Ecuador

#### **INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS**

*Solicitado por:*

Sr. Eugenio Escudero

*Fecha de análisis:*

3 de febrero del 2016

*Tipo de muestra:*

Agua cruda de vertiente

*Localidad:*

Parroquia Totoras, Canton Ambato

Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	8,00
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	988
Turbiedad	UNT	5	1,6
Cloruros	mg/L	250	7,8
Dureza	mg/L	300	379,5
Calcio	mg/L	70	83,7
Magnesio	mg/L	30 - 50	47,0
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	248,9
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	323,1
Sulfatos	mg/L	200	117,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,478
Nitritos	mg/L	0,01	0,011
Nitratos	mg/L	< 40	0,25
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	3,21
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,87
Sólidos Totales	mg/L	1000	685,4
Sólidos Disueltos	mg/L	500	558,6

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

*Observaciones:*

Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,

  
Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998200 ext 332    Riobamba - Ecuador

### **INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS**

*Solicitado por:* Sr. Eugenio Escudero

*Fecha de análisis:* 15 de marzo del 2016

*Tipo de muestra:* Agua para consumo doméstico.

*Localidad:* Parroquia Totoras, Canton Ambato

*Código:* 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,80
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	995
Turbiedad	UNT	5	1,7
Cloruros	mg/L	250	9,4
Dureza	mg/L	300	385,4
Calcio	mg/L	70	87,6
Magnesio	mg/L	30 - 50	49,5
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	250,6
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	320,9
Sulfatos	mg/L	200	115,8
Amonios	mg/L	< 0.50	0,412
Nitritos	mg/L	0,01	0,014
Nitratos	mg/L	< 40	0,22
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	3,17
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,91
Sólidos Totales	mg/L	1000	691,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	535,4

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

*Observaciones:* Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,

  
Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Eugenio Escudero  
Fecha de análisis: 17 de febrero del 2016  
Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.  
Localidad: Parroquia Totoras, Canton Ambato


Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	8,19
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	989
Turbiedad	UNT	5	1,9
Cloruros	mg/L	250	7,8
Dureza	mg/L	300	380,5
Calcio	mg/L	70	85,5
Magnesio	mg/L	30 - 50	48,7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	250,7
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	320,1
Sulfatos	mg/L	200	115,9
Amonios	mg/L	< 0.50	0,413
Nitritos	mg/L	0,01	0,015
Nitratos	mg/L	< 40	0,22
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	3,17
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,90
Sólidos Totales	mg/L	1000	689,7
Sólidos Disueltos	mg/L	500	529,9

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,

  
Dra. Gina Alvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998200 ext 332      Riobamba - Ecuador

### **INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS**

Solicitado por: Sr. Eugenio Escudero

Fecha de análisis: 02 de marzo del 2016

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.

Localidad: Parroquia Totoras, Canton Ambato

Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	8,18
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	989
Turbiedad	UNT	5	1,8
Cloruros	mg/L	250	7,8
Dureza	mg/L	300	381,5
Calcio	mg/L	70	85,6
Magnesio	mg/L	30 - 50	48,7
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	253,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	320,5
Sulfatos	mg/L	200	115,7
Amonios	mg/L	< 0.50	0,421
Nitritos	mg/L	0,01	0,012
Nitratos	mg/L	< 40	0,20
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	3,18
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,92
Sólidos Totales	mg/L	1000	690,9
Sólidos Disueltos	mg/L	500	530,9

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS


Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

**Anexo F.** Informe de los análisis microbiológicos del agua cruda del sistema de potabilización de la Parroquia Totoras, realizado en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

## ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01. Telef  x: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
			CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr, Eugenio Escudero			
<b>UBICACION:</b> Captación de agua de vertiente Parroquia Totoras, Cantón Ambato			
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua de vertiente			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 3 de febrero del 2016			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 3 de febrero del 2016			
<b>EXAMEN FISICO</b>			
COLOR: incolora			
OLOR: inolora			
ASPECTO: Claro			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>
<i>Coliformes totales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	< 1.1	87
<i>Coliformes fecales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	< 1.1	29
NORMA INEN 1108			
OBSERVACIONES: Agua que requiere un proceso de desinfección para uso doméstico			
FECHA DE ANÁLISIS: 3 de febrero del 2016			
FECHA DE ENTREGA : 5 de febrero del 2016			
RESPONSABLE:			
 Dra. Gina ��lvarez R.			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01. Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA

CÓDIGO

CLIENTE: Sr. Eugenio Escudero

UBICACION: Captación de agua de vertiente Parroquia Totoras, Cantón Ambato

TIPO DE MUESTRA: Agua de vertiente

FECHA DE RECEPCIÓN: 15 de marzo del 2016

FECHA DE MUESTREO: 15 de marzo del 2016

#### EXAMEN FISICO

COLOR: incolora

OLOR: inolora

ASPECTO: Claro

PARÁMETROS	MÉTODO	VALOR REFERENCIAL	RESULTADO
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	95
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	32

NORMA INEN 1108

OBSERVACIONES: Agua que requiere un proceso de desinfección para uso doméstico

FECHA DE ANÁLISIS: 15 de marzo del 2016

FECHA DE ENTREGA : 19 de marzo del 2016

RESPONSABLE:


  
Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01. Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador


EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA				CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr. Eugenio Escudero				
<b>UBICACION:</b> Captación de agua de vertiente Parroquia Totoras, Cantón Ambato				
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua de vertiente				
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 17 de febrero del 2016				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 17 de febrero del 2016				
<b>EXAMEN FISICO</b>				
COLOR: incolora				
OLOR: inolora				
ASPECTO: Claro				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>	
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	89	
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	31	
NORMA INEN 1108				
OBSERVACIONES: Agua que requiere un proceso de desinfección para uso doméstico				
FECHA DE ANÁLISIS: 17 de febrero del 2016				
FECHA DE ENTREGA : 21 de febrero del 2016				
RESPONSABLE:				
 Dra. Gina Alvarez R.				
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.				



# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01. Telef ax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
			CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr, Eugenio Escudero			
<b>UBICACION:</b> Captación de agua de vertiente Parroquia Totoras, Cantón Ambato			
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua de vertiente			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 02 de marzo del 2016			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 02 de marzo del 2016			
<b>EXAMEN FISICO</b>			
COLOR: incolora			
OLOR: inolora			
ASPECTO: Claro			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	89
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	30
NORMA INEN 1108			
OBSERVACIONES: Agua que requiere un proceso de desinfección para uso doméstico			
FECHA DE ANÁLISIS: 02 de marzo del 2016			
FECHA DE ENTREGA : 07 de marzo del 2016			
RESPONSABLE:			
 Dra. Gina �lvarez R.			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

**Anexo G.** Informe de los análisis físico – químicos del agua potable de la Parroquia Totoras, realizado en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

## ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998200 ext 332    Riobamba - Ecuador

### **INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS**

*Solicitado por:* Sr. Eugenio Escudero

*Fecha de análisis:* 03 de marzo del 2016

*Tipo de muestra:* Agua para consumo doméstico.

*Localidad:* Parroquia Totoras, Canton Ambato

*Código:* 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,55
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	871
Turbiedad	UNT	5	0,6
Cloruros	mg/L	250	31,2
Dureza	mg/L	300	377,5
Calcio	mg/L	70	78,4
Magnesio	mg/L	30 - 50	42,3
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	298,9
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	308,5
Sulfatos	mg/L	200	91,9
Amonios	mg/L	< 0.50	0,185
Nitritos	mg/L	0,01	0,009
Nitratos	mg/L	< 40	0,03
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	2,60
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,75
Sólidos Totales	mg/L	1000	681,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	520,0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

*Observaciones:* Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998200 ext 332    Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Eugenio Escudero  
Fecha de análisis: 16 de marzo del 2016  
Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.  
Localidad: Parroquia Totoras, Canton Ambato

Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,56
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	870
Turbiedad	UNT	5	0,5
Cloruros	mg/L	250	31,2
Dureza	mg/L	300	377,0
Calcio	mg/L	70	78,5
Magnesio	mg/L	30 - 50	42,4
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	300,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	309,5
Sulfatos	mg/L	200	92,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,185
Nitritos	mg/L	0,01	0,008
Nitratos	mg/L	< 40	0,03
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	2,50
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,71
Sólidos Totales	mg/L	1000	681,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	520,0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,

  
Dra. Gina Alvarez R.  
Dra. Gina Alvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998200 ext 332    Riobamba - Ecuador

### **INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS**

Solicitado por: Sr. Eugenio Escudero

Fecha de análisis: 23 de marzo del 2016

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.

Localidad: Parroquia Totoras, Canton Ambato

Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,61
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	875
Turbiedad	UNT	5	0,7
Cloruros	mg/L	250	31,2
Dureza	mg/L	300	377,4
Calcio	mg/L	70	78,2
Magnesio	mg/L	30 - 50	41,9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	300,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	306,0
Sulfatos	mg/L	200	92,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,185
Nitritos	mg/L	0,01	0,008
Nitratos	mg/L	< 40	0,03
Hierro	mg/L	0.30	0,00
Fluoruros	mg/L	< 1.5	2,60
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,71
Sólidos Totales	mg/L	1000	681,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	520,0

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Alvarez R.  
RESP. LAB. ANÁLISIS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

**Anexo H.** Informe de los análisis microbiológicos de la Parroquia Totoras, realizado en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

## ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS



Casilla 06-01. Telef  x: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA				CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr, Eugenio Escudero				
<b>UBICACION:</b> Parroquia Totoras, Cantón Ambato				
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua tratada				
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 03 de marzo del 2016				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 03 de marzo del 2016				
<b>EXAMEN FISICO</b>				
COLOR: incolora				
OLOR: inolora				
ASPECTO: Claro				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>	
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia	
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia	
NORMA INEN 1108				
OBSERVACIONES:				
FECHA DE ANÁLISIS: 03 de marzo del 2016				
FECHA DE ENTREGA : 08 de marzo del 2016				
RESPONSABLE:				
  Dra. Gina ��lvarez R.				
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.				

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS



Casilla 06-01. Telef ax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
			CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr, Eugenio Escudero			
<b>UBICACION:</b> Parroquia Totoras, Cantón Ambato			
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua tratada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 16 de marzo del 2016			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 16 de marzo del 2016			
<b>EXAMEN FISICO</b>			
COLOR: incolora			
OLOR: inolora			
ASPECTO: Claro			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia
NORMA INEN 1108			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 16 de marzo del 2016			
FECHA DE ENTREGA : 20 de marzo del 2016			
RESPONSABLE:			
 Dra. Gina �lvarez R.			
			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01. Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA			
			CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr, Eugenio Escudero			
<b>UBICACION:</b> Parroquia Totoras, Cantón Ambato			
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua tratada			
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 23 de marzo del 2016			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 23 de marzo del 2016			
<b>EXAMEN FISICO</b>			
COLOR: incolora			
OLOR: inolora			
ASPECTO: Claro			
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia
NORMA INEN 1108			
OBSERVACIONES:			
FECHA DE ANÁLISIS: 23 de marzo del 2016			
FECHA DE ENTREGA : 25 de marzo del 2016			
RESPONSABLE:			
 Dra. Gina Álvarez R.			
			
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

**Anexo I.** Informe de los análisis físico – químico y microbiológico con el tratamiento uno, realizado en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH.

## ESPOCH

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998200 ext 332    Riobamba - Ecuador

### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Eugenio Escudero

Fecha de análisis: 23 de junio del 2016

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.

Localidad: Parroquia Totoras, Canton Ambato

Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,61
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	870
Turbiedad	UNT	5	0,7
Cloruros	mg/L	250	31,2
Dureza	mg/L	300	295,0
Calcio	mg/L	70	71,0
Magnesio	mg/L	30 - 50	41,9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	300,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	306,0
Sulfatos	mg/L	200	92,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,185
Nitritos	mg/L	0,01	0,008
Nitratos	mg/L	< 40	0,03
Hierro	mg/L	0.30	0,01
Fluoruros	mg/L	< 1.5	1,30
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,03
Sólidos Totales	mg/L	1000	320,1
Sólidos Disueltos	mg/L	500	280,2

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.  
RESP. LAB. ANALISIS





Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01. Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA				CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr, Eugenio Escudero				
<b>UBICACION:</b> Parroquia Totoras, Cantón Ambato				
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua tratada				
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 17 de mayo del 2016				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 17 de mayo del 2016				
<b>EXAMEN FISICO</b>				
COLOR: incolora				
OLOR: inolora				
ASPECTO: Claro				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>	
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia	
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia	
NORMA INEN 1108				
OBSERVACIONES:				
FECHA DE ANÁLISIS: 17 de mayo del 2016				
FECHA DE ENTREGA : 20 de mayo del 2016				
RESPONSABLE:				
<div style="text-align: center;"> Dra. Gina Álvarez R. </div>				
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.				

**Anexo J.** Informe de los análisis físico – químico y microbiológico con el tratamiento dos (PROPUESTO), realizados en el laboratorio de calidad ambiental ESPOCH y UNACH.

## ESPOCH

### LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703    Telefax: 2998200 ext 332    Riobamba - Ecuador

#### INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Sr. Eugenio Escudero

Fecha de análisis: 18 de mayo del 2016

Tipo de muestra: Agua para consumo doméstico.

Localidad: Parroquia Totoras, Canton Ambato

Código: 0157-15

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
Color	Und Co/Pt	< 5	1
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,56
Conductividad	μ Siems/cm	< 1250	890
Turbiedad	UNT	5	0,5
Cloruros	mg/L	250	30,1
Dureza	mg/L	300	230,2
Calcio	mg/L	70	68,0
Magnesio	mg/L	30 - 50	35,1
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	277,4
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	240,1
Sulfatos	mg/L	200	92,0
Amonios	mg/L	< 0.50	0,185
Nitritos	mg/L	0,01	0,008
Nitratos	mg/L	< 40	0,03
Hierro	mg/L	0.30	0,01
Fluoruros	mg/L	< 1.5	1,10
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,10
Sólidos Totales	mg/L	1000	301,2
Sólidos Disueltos	mg/L	500	250,6

\* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de Dureza, calcio, fluor y fosfatos fuera de norma

Atentamente,

  
Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



# ESPOCH

## LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01. Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA				CÓDIGO
<b>CLIENTE:</b> Sr, Eugenio Escudero				
<b>UBICACION:</b> Parroquia Totoras, Cantón Ambato				
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua tratada				
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 20 de junio del 2016				
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 20 de junio del 2016				
<b>EXAMEN FISICO</b>				
COLOR: incolora				
OLOR: inolora				
ASPECTO: Claro				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>VALOR REFERENCIAL</b>	<b>RESULTADO</b>	
Coliformes totales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia	
Coliformes fecales UFC/100ml	Filtración por membrana	< 1.1	Ausencia	
NORMA INEN 1108				
OBSERVACIONES:				
FECHA DE ANÁLISIS: 20 de junio del 2016				
FECHA DE ENTREGA : 24 de junio del 2016				
RESPONSABLE:				
<div style="text-align: center;"> Dra. Gina Álvarez R.</div> <div style="text-align: center;"></div>				
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.				





## LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación No. OAE LE C 12-006



N° SE: 047-16

### INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Eugenio Escudero

INFORME N° 047- 16

EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH

N° SE: 047- 16

DIRECCIÓN: Totoras, Ambato

FECHA DE RECEPCIÓN: 20 - 06- 16

TELÉFONO: 0984948035

FECHA DE INFORME: 22 - 06 -16

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua Potable, Parroquia Totoras

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 077 – 16

Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

### RESULTADOS DE ANÁLISIS

#### MA – 077-16

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(k=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	[H <sup>+</sup> ]	PE- LSA-01	7,70	+/-0,08	20-06-16
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	920	+/- 8%	20-06-16
*Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	0,5	N/A	20-06-16
*Calcio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Ca 3111B	65	N/A	20-06-16
*Dureza Total	mgCaCO3/l	STANDARD METHODS 2340 - C	198	N/A	20-06-16
*Fosfatos	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D	0,09	N/A	20-06-16
*Solidos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-B	290,7	N/A	20-06-16
*Fluoruros	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - F – D mod	1,01	N/A	20-06-16

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

#### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.  
TÉCNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s)

- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE


-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio

FMC2101-01

## Anexo K. Ficha técnica de la Zeolita

	<p>Ficha Técnica</p> <p><b>Zeolita Natural AQUA®</b></p>	
<b>IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO</b>		
Nombre del Producto	Zeolita Natural AQUA	
Descripción del producto	Zeolita natural tipo clinoptilolita, secado a 350 °C, triturado y clasificado.	
Granulometrías disponibles	0,5-1mm, 1-2mm, 2-5mm, 4-8mm, 8-16mm y 16-32mm.	
Nombre químico	Aluminosilicato potásico cálcico sódico hidratado.	
Numero CAS	12173-10-3	
<b>CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS</b>		
Componente principal	Clinoptilolita, 82-86% (Análisis DRX)	
Otros componentes	Feldespato, Illita, Cristabalita, y rastros de Cuarzo.	
Color	Gris verdoso	
Densidad de la roca	2200 – 2440 kg/m³	
Dureza MOHS	3 – 3.5	
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS</b>		
Composición química	SiO <sub>2</sub> : 68,15 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 12,30 % K <sub>2</sub> O : 2,80 % CaO : 3,95 % Na <sub>2</sub> O : 0,75 % MgO : 0,90% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 1,30 % TiO <sub>2</sub> : 0,20 %	
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Ca <sup>2+</sup> : 1,20 a 1,96 meq/g      NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> : 1,2 a 1,5 meq/g	
Porosidad	24 – 32 %	
Superficie Específica (Método BET)	30 – 50 m²/g	
Estabilidad Térmica	< 450 °C	
Estabilidad Química (pH)	3 < pH < 11	
Densidad Aparente	0,58 – 0,84 g/cm³ (según granulometría)	
<b>Presentación del Producto</b>		
Tipos de Envase	Sacos PP de 20kgs y Sacos de papel de 25 kgs. Paletizados de 1000 kgs, Bigbags de 1000kgs	
<b>Aplicaciones Recomendados</b>		
Filtración de aguas de piscinas, estanques, acuarios, piscifactorías, aguas recidadas		
Tratamiento de aguas municipales e industriales, eliminación de amonio y metales pesados.		

**Anexo L.** Cotización de la Zeolita

			
AV. ELOY ALFARO LOTE 12 Y JUAN MOLINEROS		Nº. 00764	
CONTACTO: 0997028131 / 032700203			
email: clebrun@agroscopio.com			
Cuenca - Ecuador		RUC 1861232179001	
	<b>CONTRIBUYENTE ESPECIAL</b>		
	<b>PROFORMA</b>		
FECHA:	CUENCA, 7 DE JUNIO DEL 2016	VENDEDOR: ING. JORGE SANCHEZ	
<b>CANTD</b>	<b>PRODUCTO</b>	<b>VALOR UNIT.</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
50	KILOS DE ZEOLITA	0,352	17,60
		TOTAL	17,60
		12% IVA	2,40
		<b>TOTAL</b>	<b>20,00</b>
<b>CLIENTE:</b>	<b>EUGENIO ESCUDERO</b>		
<b>FORMA DE PAGO: AL CONTADO</b>			
<b>TIEMPO DE OFERTA: 15 DIAS.</b>			
<b>TIEMPO DE ENTREGA: 48 HORAS</b>			

**Anexo M.** Procedimiento para la regeneración de la zeolita.

<b>PROCEDIMIENTO PARA LA REGENERACIÓN DE LA ZEOLITA</b>
La zeolita (CRIPTONIANA) es fácil de activar mediante una solución de cloruro de sodio al 10%.
<b>Solución de cloruro de sodio concentrada (salmuera) al 10%</b>
<p><b>1.</b> Pesar la cantidad adecuada de cloruro de sodio (SAL EN GRANO), es decir, 900 Kg de NaCl para la regeneración quincenal de la zeolita.</p> <p><b>2.</b> Aforar el caudal de agua que ingresa al tanque de salmuera.</p> <p><b>3.</b> Añadir el cloruro de sodio en el tanque de salmuera.</p> <p><b>4.</b> Agitar hasta formar una solución de cloruro de sodio.</p>
<b>Regeneración de la zeolita</b>
<p><b>1.-</b> Aplicar la solución de salmuera (regenerante) a la zeolita por medio de un proceso de contacto, es decir, que la resina estará en contacto con la solución durante un tiempo de 2 horas como mínimo y máximo 4 horas.</p> <p><b>2.</b> Después de la regeneración, ejecutar un lavado de la resina con agua durante un periodo de 10 a 30 min para remover todo el regenerante y asegurar una distribución apropiada de la resina.</p> <p><b>3.</b> El lavado del medio intercambiador se realizarán en contracorriente para obtener un mejor rendimiento en cuanto a la eficiencia de la resina, es decir, el regenerante y el agua de lavado ingresarán por la parte inferior del tanque, y en cuanto al agua de lavado, ésta saldrá por la parte superior del tanque intercambiador de cationes.</p>

## Anexo N. Especificaciones técnicas del tanque Rotoplast.

### Tanques de Almacenamiento

#### Especificaciones Técnicas

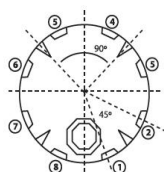
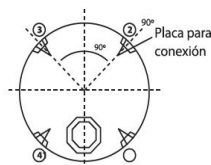
- Fabricados con HDPE, 100% virgen de una sola pieza.
- Ideales para almacenar agua y más de 300 sustancias químicas como ácidos, cloruros y fosfatos.
- Facilidad para instalar conexiones de acuerdo a la necesidad en cualquier parte del tanque.
- Resistente a sustancias altamente corrosivas y densas, gracias a su reforzamiento de 20% y 40%.
- No generan color, olor ni sabor al producto almacenado.
- No se oxidan ni se corroen.
- No requieren mantenimiento.

#### Cuadro de capacidades

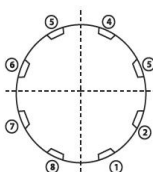
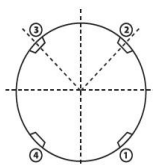
Descripción	Altura	Diámetro	Placa	o Tapa
TAN - 5000 L	1.77 m	2.20 m	0.20 m	18"
TAN - 10000 L	3.10 m	2.20 m	0.20 m	18"



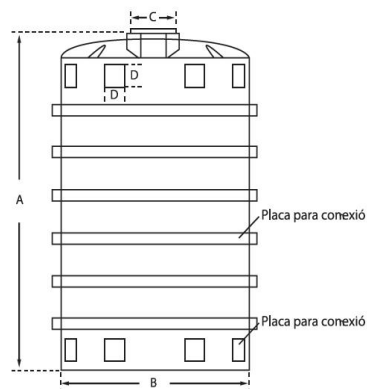
Vistas superiores



Vistas inferiores



Vista frontal

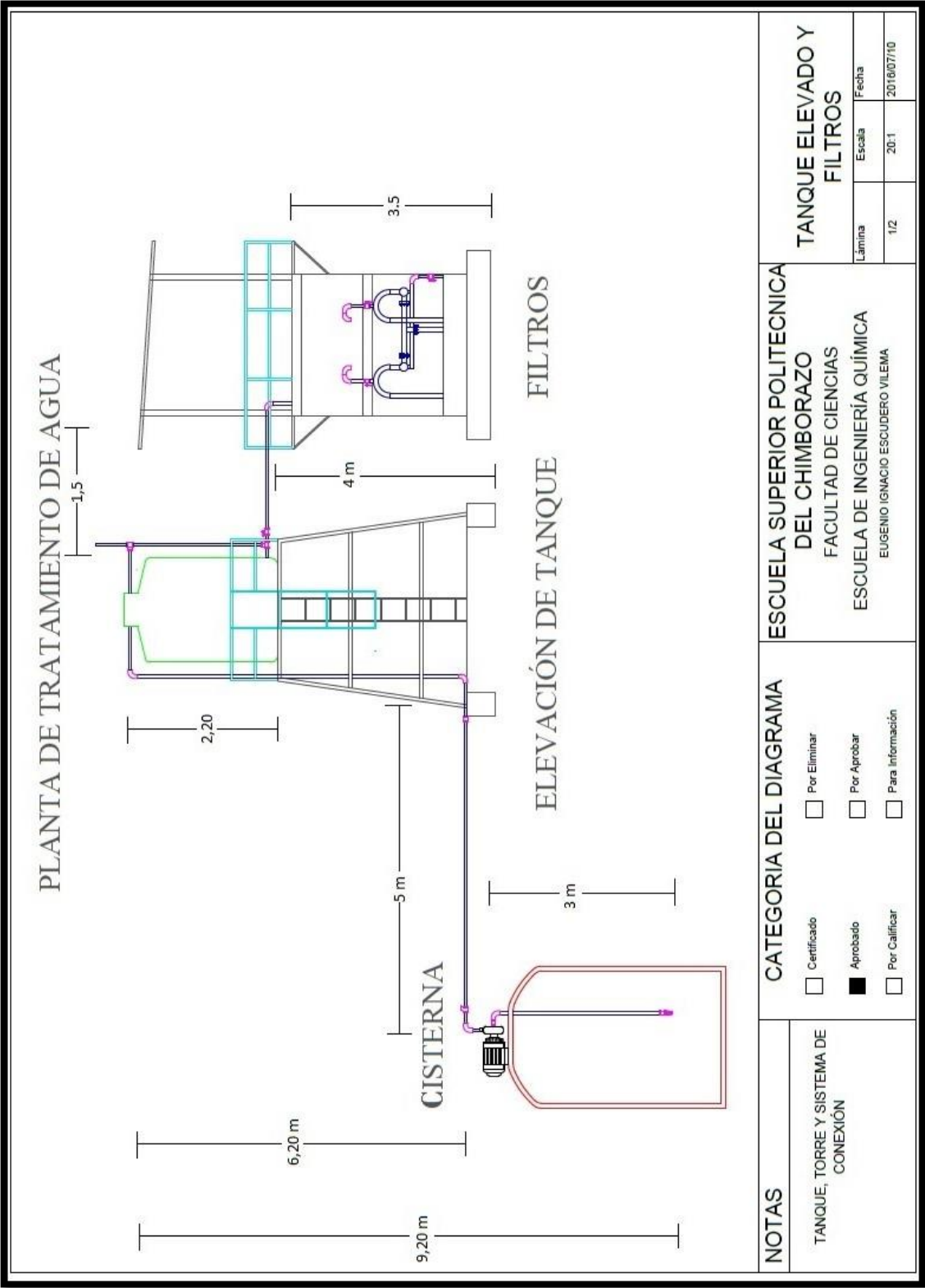


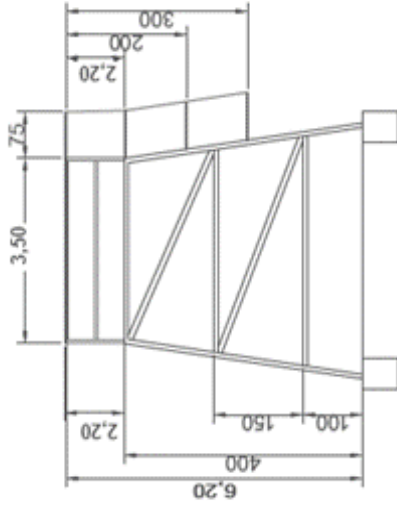
**Almacenamiento**

[www.rotoplas.com](http://www.rotoplas.com)

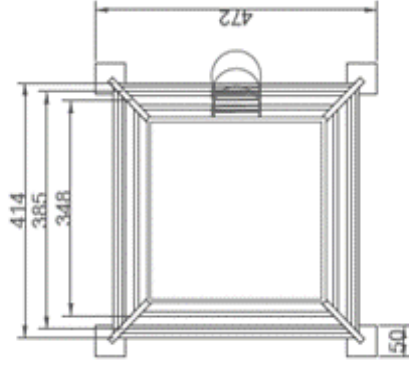
• Innovación • Calidad • Garantía

Anexo O. Planos del tanque elevado de la solución de NaCl

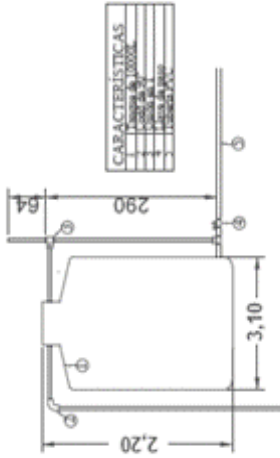




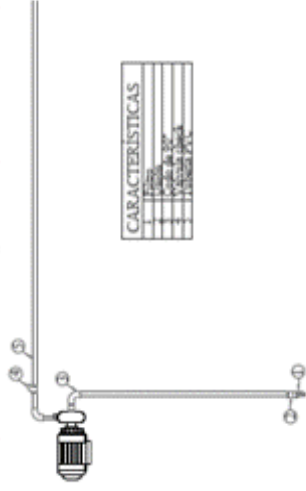
ELEVACION DE TANQUE



TANQUE ROTOPLAS



SISTEMA DE CONEXIÓN



CARACTERÍSTICAS	
1	Motor
2	Conexión
3	Valve
4	Conexión
5	Valve

CARACTERÍSTICAS	
1	Motor
2	Conexión
3	Valve
4	Conexión
5	Valve

NOTAS

TANQUE, TORRE Y SISTEMA DE CONEXIÓN

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- ☐ Certificado  
☐ Por Eliminar  
☒ Aprobado  
☐ Por Aprobado  
☐ Por Calificar  
☐ Para Información

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA

DEL CHIMBORAZO  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
 EUGENIO IGNACIO ESCUDERO VILEMA

TANQUE ELEVADO

Lámina	Escala	Fecha
2/2	20:1	2016/07/10



**Anexo P. Norma INEN 1108:2006**

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno ES-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción</p>	Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	AGUA POTABLE. REQUISITOS.	NTE INEN 1 108:2006 Segunda revisión 2006-03
	<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p><b>1.1</b> Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p><b>2.1</b> Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p><b>3.1 Agua Potable.</b> Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.</p> <p><b>3.2 Agua Cruda.</b> Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.</p> <p><b>3.3 Límite máximo permisible.</b> Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano.</p> <p><b>3.4 UFC/ml.</b> Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.</p> <p><b>3.5 NMP.</b> Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los Tubos múltiples.</p> <p><b>3.6 µg/l.</b> (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.</p> <p><b>3.7 mg/l.</b> (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.</p> <p><b>3.8 Microorganismo patógeno.</b> Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.</p> <p><b>3.9 Pesticidas.</b> Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repelar o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.</p> <p><b>3.10 Desinfección.</b> Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.</p> <p><b>3.11 Subproductos de desinfección.</b> Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.</p> <p><b>3.12 Radio nucleído.</b> Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A.</p> <p><b>3.13 MBAS, ABS .</b> Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato.</p> <p><b>3.14 Cloro residual.</b> Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.</p> <p><b>3.15 Dureza total.</b> Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.</p>		



**3.16 Sólidos totales disueltos.** Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100 UFC/ml

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos Específicos

**5.1.1** El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permisible
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH <sub>3</sub> )	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 - 1,5
Cloruros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO <sub>3</sub>	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Flúor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO <sub>4</sub> )	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO <sub>3</sub>	mg/l	10
Nitritos, N-NO <sub>2</sub>	mg/l	0,0
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO <sub>4</sub>	mg/l	200
Vanadio, V	mg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3
<b>Radiactivos</b>		
Radiación total α **	Bq/l	0,1
Radiación total β ***	Bq/l	1,0

\* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>226</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>238</sup>Pu

\*\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>125</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>226</sup>Ra

<i>Orgánicos</i>		
Tensoactivos ABS (MBAS)	mg/l	0,0
Fenoles	mg/l	0,0

**Sustancias Orgánicas****Límite máximo µg/l**

Alcanos Clorinados	
- tetracloruro de carbono	2
- diclorometano	20
- 1,2dicloroetano	30
- 1,1,1-tricloroetano	2000
Etanos Clorinados	
- cloruro de vinilo	5
- 1,1dicloroeteno	30
- 1,2dicloroeteno	50
- tricloroeteno	70
- tetracloroeteno	40
Hidrocarburos Aromáticos	
- benceno	10
- tolueno	170
- xileno	500
- etilbenceno	200
- estireno	20
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	0,3
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	
- benzo [a]pireno	0,01
- benzo [a]fluoranteno	0,03
- benzo [k]fluoranteno	0,03
- benzo [ghi]pirileno	0,03
- indeno [1,2,3-cd]pireno	0,03
Bencenos Clorinados	
- monoclorobenceno	300
- 1,2-diclorobenceno	1000
- 1,4-diclorobenceno	300
- triclorobencenos (total)	20
di(2-etilhexil) adipato	80
di(2-etilhexil) ftalato	8
acrylamida	0,5
epiclorohidrin	0,4
hexaclorobutadieno	0,6
Ácido etilendiaminatetracético EDTA	200
ácido nitrotriácético	200
óxido tributiltin	2

**Pesticidas****Límite máximo µg/l**

Isoproturon	9
Lindano	2
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxiacético MCPA	2
Metoxyclo	10
Molinato	6
Pendimetalin	20
Pentaclorofenol	9
Permetrin	20
Propanil	20
Piridato	100
Simazina	2
Trifluralin	20
Herbicidas Clorofenoxi, diferentes a 2,4-D y MCPA 2,4-DB	90
Dicloroprop	100
Fenoprop	9
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxibutírico MCPB	2
Mecoprop	10
2,4,5-T	9

**Residuos de desinfectantes****Límite máximo µg/l**

Monocloramina, di- y tricloramina	3
Cloro	5

**Subproductos de desinfección****Límite máximo µg/l**

Bromato	25
Clorito	200
Clorofenoles	
- 2,4,6-triclorofenol	200
Formaldeído	900
Trihalometanos	
- bromoformo	100
- diclorometano	100
- bromodiclorometano	60
- cloroformo	200
Ácidos acéticos clorinados	
- ácido dicloroacético	50
- ácido tricloroacético	100
Hidrato clorado	
- tricloroacetaldeído	10
Acetonitrilos halogenados	
- dicloroacetonitrilo	90
- dibromoacetonitrilo	100
- tricloroacetonitrilo	1
Cianógeno clorado (como CN)	70

**5.1.2** El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos Microbiológicos.

### Requisitos Microbiológicos

Coliformes totales (1) NMP/100 ml	Máximo < 2 *
Coliformes fecales NMP/100 ml	< 2 *
Criptosporidium, número de quistes/100 litros	ausencia
Giardia Lambia, número de quistes/100 litros	ausencia

\* < 2 significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo

- (1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods)

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición.